VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

ИНСТИТУТ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ

∽ КЛАССИКИ НАУКИ ∽



THE LIFE OF SCIENCE

AN ANTHOLOGY OF INTRODUCTIONS TO CLASSICS IN SCIENCE

Arranged and commented
by Professor S. P. KAPITZA



PUBLISHING HOUSE «NAUKA»
MOSCOW 1973

ЖИЗНЬ НАУКИ

АНТОЛОГИЯ ВСТУПЛЕНИЙ К КЛАССИКЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Составитель и автор
биографических очерков
профессор С. П. КАПИЦА



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА 1973

УДК 501 + 502

Серия «КЛАССИКИ НАУКИ»

Серия основана академиком *С. И. Вавиловым*

Редакционная коллегия:

академик *И. Г. Петровский* (председатель),
академик *А. А. Имшенецкий*, академик *Б. А. Казанский*,
академик *Б. М. Кедров*, член-корреспондент АН СССР *Б. Н. Делоне*,
профессор *Ф. А. Петровский*, профессор *Л. С. Полак*,
профессор *Н. А. Фигуровский*, профессор *И. И. Шафрановский*

Ответственный редактор
академик *Л. А. Арцимович*

Ж $\frac{2\text{-}1\text{—}0473}{042(02)\text{-}73}$ Б3-55-40-1973

© Издательство «Наука», 1973 г.

ОТ СОСТАВИТЕЛЯ

История знаний отражена в самой науке, и в словах творцов науки содержится ключ к пониманию ее развития.

Эта книга — результат систематического отбора вступлений к трудам классиков естествознания. Предисловия потому привлекли наше внимание, что именно там, в начале монографии или мемуара, обращаясь к широкому кругу лиц, ученый объясняет цель, значение и метод своей работы. Автор окончил, быть может, главный труд своей жизни, труд, благодаря которому он более всего известен. Все последствия его работы нам теперь хорошо знакомы: они вошли в систему наших знаний, и это избавляет от конкретной необходимости знакомиться с основным содержанием его сочинения в процессе нашего образования или практической работы.

Составитель обратился к работам, ставшим опорными в развитии наших представлений о мире, трудам, с которых началась новая ступень познания, часто новая отрасль науки. В основе современного естествознания лежит физика, и ее развитию, в первую очередь развитию механики, отдано должное. Свое место здесь нашли и основополагающие работы по астрономии и геологии, химии и биологии, математике.

Материал расположен хронологически, и его организация по разделам науки и времени ясна из содержания. Вступления — предисловия, иногда введения, приведены полностью, за исключением немногих, особо отмеченных ниже случаев. Как правило, дано предисловие к первому изданию: опыт показывает, что именно этот текст, написанный одним движением души, точно и непосредственно передает мысли и чувства автора в момент наивысшего творческого подъема.

Сборник охватывает время от эпохи Возрождения до наших дней; наследие ученых Древнего мира, Средневековья, а также Востока оставлено в стороне. Ввиду историко-научного характера настоящего изда-

ния в него не включены вступления к сочинениям ныне здравствующих ученых. Вступлениям к трудам каждого из ученых предпосланы краткие биографии, а сборник в целом снабжен аннотированным именным указателем.

Образ развития естествознания, который дает примененный подход, его возможности и ограничения рассмотрены в заключении. Здесь мы только отметим, что избранное, естественно, не может представить исчерпывающей картины развития науки. Не все этапы отмечены такими первоисточниками, не ко всем классическим трудам написаны интересные вступления. Но такие пробелы случаются реже, чем это может вначале показаться. Больше того, можно думать, что систематическое обращение к предисловиям дает исследователю подход к познанию объективного хода развития наших знаний. Представительность и, в известной мере, однородность отобранных вступлений, несомненно, обязана и единству тех требований, которые ставят перед автором как объем, так и поэтика вступления.

Антология вступлений дает удивительное по яркости, доступности и полноте представление о методе точных наук. Мы видим работу живой мысли, диалектику законов познания природы, основанную на наблюдении и опыте, на взаимосвязи теории и практики. Во фрагментах, обладающих замечательной цельностью лучших образцов научной прозы, мы увидим отражение личности автора и печать времени, иногда заблуждения гения: перед нами проходит *жизнь науки*.

Общедоступная летопись науки, ее автобиография, обращена к читателю, рожденному в эпоху научно-технической революции. Ему она должна показать, как на протяжении всего нескольких веков трудами ученых разных стран и различных школ шаг за шагом создавалась система миропонимания, давшая человечеству современную власть над природой.

СОДЕРЖАНИЕ

От составителя 5

I. Эпоха Возрождения 9

Коперник (9). О вращениях небесных сфер. Шесть книг (10). **Везалий** (17). О строении человеческого тела (18). **Гилберт** (29). О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле (30).

II. Естествознание XVII века 33

Галилей (33). Механика (35). Звездный вестник (38). Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки (40). **Кеплер** (43). Новая астрономия (45). **Гарвей** (63). Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных (64). **Декарт** (66). Геометрия (67). Начала философии (68). **Герике** (78). Новые так называемые магдебургские опыты о пустом пространстве (79). **Гук** (84). Микрография (85). **Гюйгенс** (87). Маятниковые часы (88). Трактат о свете (90). **Ньютон** (92). Математические начала натуральной философии (94). Оптика (100).

III. Физика и математика XVIII века 101

Эйлер (101). Механика (102). Введение в анализ бесконечно малых (107). **Бернулли** (112). Гидродинамика (113). **Ломоносов** (114). Вольфианская экспериментальная физика (115). **Д. Аламбер** (118). Динамика (119). **Лагранж** (122). Аналитическая механика (123). **Гальвани** (126). Трактат о силах электричества при мышечном движении (127). **Монж** (128). Начертательная геометрия (129). **Лаплас** (132). Изложение системы мира (133). Небесная механика (134). Аналитическая теория вероятностей (139).

IV. Физика XIX века 141

Френель (141). Мемуар о дифракции света (142). **Фурье** (150). Аналитическая теория тепла (151). **Карно** (160). Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу (161). **Ампер** (166). Теория электродинамических явлений, выведенная исключительно из опыта (167). **Гамильтон** (171). Общий метод в динамике (172). **Фарадей** (175). Экспериментальные исследования по электричеству (176). **Гельмгольц** (179). О сохранении силы (180). **Томсон** (184) Томсон и Тэйт. Трактат о натуральной философии (185). **Максвелл** (189). Трактат об электричестве и магнетизме (190). **Рэлей** (196). Теория звука (197). **Кирхгоф** (199). Лекции по математической физике. Механика (200). **Больцман** (201). Лекции по теории газов (202). **Герц** (205). Принципы механики, изложенные в новой связи (206). **Лоренц** (211). Опыт построения теории электрических и оптических явлений в движущихся телах (212). **Гиббс** (217). Элементарные принципы статистической механики, разработанные в связи с рациональным обоснованием термодинамики (218).

V. Химия 223

Лавуазье (223). Начальный учебник химии (224). **Дальтон** (233). Новая система химической философии (234). **Берцелиус** (237). Учебник химии (238). **Либих** (243). Химия в приложении к земледелию и физиологии (244). **Менделеев** (249). Основы химии (251). **Вант-Гофф** (254). Очерки по химической динамике (255). **Льюис** (263). Льюис и Рандалл. Термодинамика и свободная энергия химических соединений (264). Льюис. Валентность и строение атомов и молекул (268). **Хиншелвуд** (269). Кинетика реакций в газовой фазе (270). Структура физической химии (271).

VI. Общая биология 273

Линней (273). Виды растений (274). **Гумбольдт** (278). Идеи о географии растений (279). **Ламарк** (282). Философия зоологии (283). **Кювье** (292). Рассуждение о переворотах на поверхности земного шара и об изменениях, какие они произвели в животном царстве (293). **Дарвин** (296). Происхождение видов (298). **Мендель** (302). Опыты над растительными гибридами (303). **Вейсман** (304). Зародышевая плазма. Тео-

рия наследственности (305). **Де Фриз** (311). Теория мутаций (312). **Морган** (318). Структурные основы наследственности (319). **Фишер** (322). Генетическая теория естественного отбора (323). **Кольцов** (327). Организация клетки (328).

VII. Физиология и патология 333

Галлер (333). Элементы физиологии человека (334). **Мюллер** (344). Руководство по физиологии человека (345). **Шванн** (346). Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений (347). **Вирхов** (352). Лекции по целлюлярной патологии (353). **Сеченов** (357). Рефлексы головного мозга (358). **Бернар** (362). Введение к изучению опытной медицины (363). **Пастер** (366). Исследование болезни шелковичных червей (368). Исследование о пиве (371). **Мечников** (373). Невосприимчивость в инфекционных болезнях (374). **Павлов** (384). Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности (поведения) животных. Условные рефлексы (385). **Шеррингтон** (391). Интегративная деятельность нервной системы (392).

VIII. Вселенная и Земля 403

Кант (403). Всеобщая естественная история и теория неба (404). **Геттон** (416). Плейфер. Изложение геттоновой теории Земли (417). **Докучаев** (419). Русский чернозем (420). **Вегенер** (423). Возникновение материков и океанов (424). **Циолковский** (429). Исследование мировых пространств реактивными приборами (430). **Вернадский** (432). Биосфера (433). Очерки геохимии (435). **Хаббл** (439). Наблюдательный подход к космологии (440). **Пози** (442). Пози и Брейсуэлл. Радиоастрономия (443).

IX. Математика 445

Гаусс (445). Арифметические исследования (446). **Коши** (450). Курс алгебраического анализа (451). **Лобачевский** (454). О началах геометрии (455). **Буль** (457). Математический анализ логики (458). **Пуанкаре** (460). О кривых, определяемых дифференциальными уравнениями (461). Новые методы в небесной механике (463). **Гильберт** (467). Математические проблемы (468). Основания геометрии (476). **Рассел** (478). Основы математики (479). **Вейль** (484). Теория групп и квантовая механика (485). Классические группы, их инварианты и представления (486). **Бурбаки** (489). Элементы математики. Теория множеств (490). **Нейман** (498). Нейман и Моргенштерн. Теория игр и экономическое поведение (499). Нейман. Вычислительная машина и мозг (508).

X. Физика XX века 509

Склодовская-Кюри (509). Исследование радиоактивных веществ (509). **Дж. Томсон** (513). Прохождение электричества через газы (514). **Резерфорд** (516). Радиоактивность (517). **Планк** (521). Теория теплового излучения (522). **Бор** (525). О строении атомов и молекул (526). Атомная физика и человеческое познание (528). **Перрен** (530). Атомы (531). **Эйнштейн** (539). К электродинамике движущихся тел (540). Основы общей теории относительности (542). **Брэгг У. Г.** (543). Брэгг У. Г. и Брэгг У. Л. Х-лучи и строение кристаллов (544). **Зоммерфельд** (546). Строение атома и спектры (547). **Шредингер** (550). Труды по волновой механике (551). Что такое жизнь с точки зрения физики (555). **Мандельштам** (558). Предисловие к книге А. А. Андронова, А. А. Витта, С. Э. Хайкина. Теория колебаний (559). **Ландау** (564). Курс теоретической физики. Механика (565). **Ферми** (567). Элементарные частицы (568). **Паули** (571). Теория относительности (572).

Заключение 575

Библиография 585

Именной указатель 591

I. ЭПОХА ВОЗРОЖДЕНИЯ



КОПЕРНИК

(1473—1543)

Николай Коперник родился в Торуни на Висле. Его отец, богатый краковский купец, умер, когда Николаю было 10 лет; воспитанием и прекрасным образованием Коперник в значительной мере обязан брату своей матери Лукашу Ваченроде. Коперник сначала учился в знаменитом Краковском университете; свое образование он продолжил в старинных университетах Италии, изучая юридические науки в Болонье и медицину в Падуе. В Ферраре он получил степень доктора канонического права, а в Риме Коперник сам читал лекции по математике. После почти десятилетнего пребывания в стране Возрождения и гуманизма, в ведущих научных центрах того времени, Коперник вернулся на родину. В Фромборке он был избран каноником — членом капитула (церковного совета) при епископе, которым к тому времени стал его дядя Ваченроде.

Коперник принимал активное участие в делах управления Вармии, небольшого церковного княжества на севере Польши, в сложное время борьбы за независимость с Тевтонским орденом. Помимо дипломатических поручений Коперник занимался финансовыми делами и врачебной практикой. Он написал небольшой трактат по экономике, в котором указал на вытеснение полноценной монеты неполноценной, закон,

который в теории денежного обращения обычно связывают с именем Грешема. Коперник также издал в переводе с греческого на латинский «Нравственные, сельские и любовные письма» Феофилакта Симокатты, византийского писателя VII века. Однако основное внимание он уделял астрономии, и как астроном Коперник был хорошо известен Европе. Так, при подготовке проекта реформы календаря советники Ватикана запрашивали его мнение.

Первое изложение новой гелиоцентрической системы Коперник дал в рукописи, ныне известной как «Малый комментарий», написанной и распространенной в 1510—1514 гг. Основное сочинение Коперника — его книга «О вращениях небесных сфер». Над ней он работал до конца жизни, обрабатывая наблюдения, главным образом, других авторов. Сам Коперник наблюдал мало; более того, своему ученику Рэтику он как-то заметил, что при общем несовершенстве теории планетных движений пока нет необходимости в уточнении наблюдений, и главная цель состоит в создании основ картины мира. По преданию, уже на смертном одре Коперник увидел первый оттиск своей книги, изданной под присмотром Рэтика в Нюрнберге. Через 73 года после появления книга Коперника была внесена Ватиканом в Индекс запрещенных изданий (с примечанием «Впредь до исправления»), где она числилась до 1822 г. После Коперника должна была рухнуть вся система мировоззрения, основанная на Земле и человеке как центре мира, и именно с его работами мы связываем начало освобождения мысли людей от оков схоластики и догмы.

Мы приводим обращенное к Папе Павлу III предисловие, с которого Коперник начинает свое сочинение «О вращениях небесных сфер», и вступление автора к первой из шести книг.

О ВРАЩЕНИЯХ НЕБЕСНЫХ СФЕР. ШЕСТЬ КНИГ

Μηδετς ἀγεωμέτρητος εἰσίτω[1]

СВЯТЕЙШЕМУ ПОВЕЛИТЕЛЮ ВЕЛИКОМУ ПОНТИФИКУ ПАВЛУ III

ПРЕДИСЛОВИЕ НИКОЛАЯ КОПЕРНИКА К КНИГАМ О ВРАЩЕНИЯХ

Я достаточно хорошо понимаю, святейший отец, что как только некоторые узнают, что в этих моих книгах, написанных о вращениях мировых сфер, я придал земному шару некоторые движения, они тотчас же с криком будут поносить меня и такие мнения. Однако не до такой уж степени мне нравятся мои произведения, чтобы не обращать внимания на суждения

[1] Пусть не входит никто, не знающий геометрии (*Греч.*).

о них других людей. Но я знаю, что размышления человека-философа далеки от суждений толпы, так как он занимается изысканием истины во всех делах, в той мере как это позволено богом человеческому разуму. Я полагаю также, что надо избегать мнений, чуждых правды.

Наедине с собой я долго размышлял, до какой степени нелепой моя ἀκρόαμα [повествование] покажется тем, которые на основании суждения многих веков считают твердо установленным, что Земля неподвижно расположена в середине неба, являясь как бы его центром, лишь только они узнают, что я, вопреки этому мнению, утверждаю о движении Земли. Поэтому я долго в душе колебался, следует ли выпускать в свет мои сочинения, написанные для доказательства движения Земли, и не будет ли лучше последовать примеру пифагорейцев и некоторых других, передававших тайны философии не письменно, а из рук в руки, и только родным и друзьям, как об этом свидетельствует послание Лисида к Гиппарху. Мне кажется, что они, конечно, делали это не из какой-то ревности к сообщаемым учениям, как полагают некоторые, а для того, чтобы прекраснейшие исследования, полученные большим трудом великих людей, не подвергались презрению тех, кому лень хорошо заняться какими-нибудь науками, если они не принесут им прибыли, или если увещевания и пример других подвигнут их к занятиям свободными науками и философией, то они вследствие скудости ума будут вращаться среди философов, как трутни среди пчел. Когда я все это взвешивал в своем уме, то боязнь презрения за новизну и бессмысленность моих мнений чуть было не побудила меня отказаться от продолжения задуманного произведения.

Но меня, долго медлившего и даже проявлявшего нежелание, увлекли мои друзья, среди которых первым был Николай Шонберг, капуанский кардинал,— муж, знаменитый во всех родах наук, и необычайно меня любящий человек Тидеманн Гизий, кульмский епископ, очень преданный божественным и вообще всем добрым наукам. Именно последний часто увещевал меня и настоятельно требовал иногда даже с порицаниями, чтобы я закончил свой труд и позволил увидеть свет этой книге, которая скрывалась у меня не только до девятого года, но даже до четвертого девятилетия. То же самое говорили мне и многие другие выдающиеся и ученейшие люди, увещевавшие не медлить дольше и не опасаться обнародовать мой труд для общей пользы занимающихся математикой. Они говорили, что чем бессмысленнее в настоящее время покажется многим мое учение о движении Земли, тем больше оно покажется удивительным и заслужит благодарности после издания моих сочинений, когда мрак будет рассеян яснейшими доказательствами. Побужденный этими советчиками и упомянутой надеждой, я позволил, наконец, моим друзьям издать труд, о котором они долго меня просили.

Может быть, Твое Святейшество будет удивляться не только тому, что я осмелился выпустить в свет мои размышления, после того, как я положил столько труда на их разработку, и уже не колеблюсь изложить

письменно мои рассуждения о движении Земли, но Твое Святейшество скорее ожидает от меня услышать, почему, вопреки общепринятому мнению математиков и даже, пожалуй, вопреки здравому смыслу, я осмелился вообразить какое-нибудь движение Земли. Поэтому я не хочу скрывать от Твоего Святейшества, что к размышлениям о другом способе расчета движений мировых сфер меня побудило именно то, что сами математики не имеют ничего вполне установленного относительно исследований этих движений.

Прежде всего, они до такой степени неуверены в движении Солнца и Луны, что не могут при помощи наблюдений и вычислений точно установить на все времена величину тропического года. Далее, при определении движений как этих светил, так и других пяти блуждающих звезд они не пользуются одними и теми же принципами и предпосылками или одинаковыми способами представления видимых вращений и движений; действительно, одни употребляют только гомоцентрические круги, другие — эксцентры и эпициклы, и все-таки желаемое полностью не достигается. Хотя многие полагавшиеся только на гомоцентры и могли доказать, что при помощи их можно путем сложения получать некоторые неравномерные движения, однако они все же не сумели на основании своих теорий установить чего-нибудь надежного, бесспорно соответствовавшего наблюдающимся явлениям. Те же, которые измыслили эксцентрические круги, хотя при их помощи и получили числовые результаты, в значительной степени сходные с видимыми движениями, однако должны были допустить многое, по-видимому, противоречащее основным принципам равномерности движения. И самое главное, так они не смогли определить форму мира и точную соразмерность его частей. Таким образом, с ними получилось то же самое, как если бы кто-нибудь набрал из различных мест руки, ноги, голову и другие члены, нарисованные хотя и отлично, но не в масштабе одного и того же тела; ввиду полного несоответствия друг с другом из них, конечно, скорее составилось бы чудовище, чем человек.

Итак, обнаруживается, что в процессе доказательства, которое называется μέθοδον [методом], они или пропустили что-нибудь необходимое, или допустили что-то чуждое и никак не относящееся к делу. Этого не могло бы случиться, если бы они следовали истинным началам. Действительно, если бы принятые ими гипотезы не были ложными, то, вне всякого сомнения, полученные из них следствия оправдались бы. Может быть, то, о чем я сейчас говорю, и кажется темным, но в свое время оно будет более ясным.

Так вот, после того как в течение долгого времени я обдумывал ненадежность математических традиций относительно установления движений мировых сфер, я стал досадовать, что у философов не существует никакой более надежной теории движений мирового механизма, который ради нас создан великолепнейшим и искуснейшим творцом всего; а ведь в других областях эти философы так успешно изучали вещи,

ничтожнейшие по сравнению с миром. Поэтому я принял на себя труд перечитать книги всех философов, которые только мог достать, желая найти, не высказывал ли когда кто-нибудь мнения, что у мировых сфер существуют движения, отличные от тех, которые предполагают преподающие в математических школах. Сначала я нашел у Цицерона, что Никет высказывал мнение о движении Земли, затем я встретил у Плутарха, что этого взгляда держались и некоторые другие. Чтобы это было всем ясно, я решил привести здесь слова Плутарха:

Οἱ μὲν ἄλλοι μένειν τὴν γῆν, Φιλόλαος δὲ Πυθαγόρειος κύκλῳ περιφέρεσθαι περὶ τὸ πῦρ κατὰ κύκλου λοξοῦ ὁμοιοτρόπως ἡλίῳ καὶ σελήνῃ. Ἡρακλείδης ὁ Ποντικὸς καὶ Ἔκφαντος ὁ Πυθαγόρειος κινοῦσι μὲν τὴν γῆν, οὐ μήν γε μεταβατικῶς τροχοῦ δίκην ἐνζωνισμένην ἀπὸ δυσμῶν ἐπὶ ἀνατολὰς περὶ τὸ ἴδιον αὐτῆς κέντρον [1].

Побуждаемый этим, я тоже начал размышлять относительно подвижности Земли. И хотя это мнение казалось нелепым, однако, зная, что и до меня другим была представлена свобода изобретать какие угодно круги для наглядного показа явлений звездного мира, я полагал, что и мне можно попробовать найти (в предположении какого-нибудь движения Земли) для вращения небесных сфер более надежные демонстрации, чем те, которыми пользуются другие математики.

Таким образом, предположив существование тех движений, которые, как будет показано ниже в самом произведении, приписаны мною Земле, я, наконец, после многочисленных и продолжительных наблюдений обнаружил, что если с круговым движением Земли сравнить движения и остальных блуждающих светил и вычислить эти движения для периода обращения каждого светила, то получаются наблюдаемые у этих светил явления. Кроме того, последовательность и величины светил, все сферы и даже само небо окажутся так связанными, что ничего нельзя будет переставить ни в какой части, не произведя путаницы в остальных частях и во всей Вселенной. Поэтому в изложении моего произведения я принял такой порядок: в первой книге я опишу положения всех сфер вместе с теми движениями Земли, которые я ей приписываю; таким образом эта книга будет содержать как бы общую конституцию Вселенной. В прочих книгах движения остальных светил и всех орбит я буду относить к движению Земли, чтобы можно было заключить, каким образом можно «соблюсти явления» и движения остальных светил и сфер при наличии движения Земли.

Я не сомневаюсь, что способные и ученые математики будут согласны со мной, если только (чего прежде всего требует эта философия) они захотят не поверхностно, а глубоко познать и продумать все то, что предлагается мной в этом произведении для доказательства упомянутого

---

[1] Цитата из псевдо-Плутарха: «Другие считают Землю неподвижной, но пифагореец Филолай считал, что она обращается около центрального огня по косому кругу совершенно так же, как Солнце и Луна. Гераклит Понтийский и пифагореец Экфант тоже заставляют Землю двигаться, но не поступательно, а как бы привязанной вроде колеса, с запада на восток вокруг собственного ее центра» (*Греч.*).

выше. А чтобы как ученые, так и неученые могли в равной мере убедиться, что я ничуть не избегаю чьего-либо суждения, я решил, что лучше всего будет посвятить эти мои размышления не кому-нибудь другому, а Твоему Святейшеству. Это я делаю потому, что в том удаленнейшем уголке Земли, где я провожу свои дни, ты считаешься самым выдающимся и по почету занимаемого тобой места и по любви ко всем наукам и к математике, так что твоим авторитетом и суждением легко можешь подавить нападки клеветников, хотя в пословице и говорится, что против укуса доносчика нет лекарства.

Если и найдутся какие-нибудь ματαιολόγοι [пустословы], которые, будучи невеждами во всех математических науках, все-таки берутся о них судить и на основании какого-нибудь места священного писания, неверно понятого и извращенного для их цели, осмелятся порицать и преследовать это мое произведение, то я, ничуть не задерживаясь, могу пренебречь их суждением, как легкомысленным. Ведь не секрет, что Лактанций, вообще говоря знаменитый писатель, но небольшой математик, почти по-детски рассуждал о форме Земли, осмеивая тех, кто утверждал, что Земля имеет форму шара. Поэтому ученые не должны удивляться, если нас будет тоже кто-нибудь из таких осмеивать. Математика пишется для математиков, а они, если я не обманываюсь, увидят, что этот наш труд будет в некоторой степени полезным также и для всей церкви, во главе которой в данное время стоит Твое Святейшество. Не так далеко ушло то время, когда при Льве X на Латеранском соборе обсуждался вопрос об исправлении церковного календаря. Он остался тогда нерешенным только по той причине, что не имелось достаточно хороших определений продолжительности года и месяца и движения Солнца и Луны. С этого времени и я начал заниматься более точными их наблюдениями, побуждаемый к тому славнейшим мужем Павлом, епископом Семпронийским, который в то время руководил этим делом. То, чего я смог добиться в этом, я представляю суждению главным образом Твоего Святейшества, затем и всех других ученых математиков. Чтобы Твоему Святейшеству не показалось, что относительно пользы этого труда я обещаю больше, чем могу дать, я перехожу к изложению.

КНИГА ПЕРВАЯ

Вступление

Среди многочисленных и разнообразных занятий науками и искусствами, которые питают человеческие умы, я полагаю, в первую очередь нужно отдаваться и наивысшее старание посвящать тем, которые касаются наипрекраснейших и наиболее достойных для познавания предметов. Такими являются науки, которые изучают божественные вращения мира, течения светил, их величины, расстояния, восход и заход, а также причины остальных небесных явлений и, наконец, объясняют всю форму Вселенной. А что может быть прекраснее небесного свода, содержащего все прекрасное! Это говорят и самые имена: Caelum (небо) и Mundus (мир); последнее включает понятие чистоты и украшения, а первое — понятие чеканного (Caelatus).

Многие философы ввиду необычайного совершенства неба называли его видимым богом. Поэтому, если оценивать достоинства наук в зависимости от той материи, которой они занимаются, наиболее выдающейся будет та, которую одни называют астрологией, другие — астрономией, а многие из древних — завершением математики. Сама она, являющаяся бесспорно главой благородных наук и наиболее достойным занятием свободного человека, опирается почти на все математические науки. Арифметика, геометрия, оптика, геодезия, механика и все другие имеют к ней отношение.

И так как цель всех благородных наук — отвлечение человека от пороков и направление его разума к лучшему, то больше всего может сделать астрономия вследствие представляемого ею разуму почти невероятно большого наслаждения. Разве человек, прилепляющийся к тому, что он видит построенным в наилучшем порядке и управляющимся божественным изволением, не будет призываться к лучшему после постоянного, ставшего как бы привычкой созерцания этого, и не будет удивляться творцу всего, в ком заключается все счастье и благо? И не напрасно сказал божественный псалмопевец, что он наслаждается творением божьим и восторгается делами рук его! Так неужели при помощи этих средств мы не будем как бы на некоей колеснице приведены к созерцанию высшего блага? А какую пользу и какое украшение доставляет астрономия государству (не говоря о бесчисленных удобствах для частных людей)! Это великолепно заметил Платон, который в седьмой книге «Законов» высказывает мысль, что к полному обладанию астрономией нужно стремиться по той причине, что при ее помощи распределенные по порядку дней в месяцах и годах сроки празднеств и жертвоприношений делают государство живым и бодрствующим. И если, говорит он, кто-нибудь станет отрицать необходимость для человека восприятия этой одной из наилучших наук, то он будет думать

в высшей степени неразумно. Платон считает также, что никак не возможно кому-нибудь сделаться или назваться божественным, если он не имеет необходимых знаний о Солнце, Луне и остальных светилах.

И вместе с тем скорее божественная, чем человеческая, наука, изучающая высочайшие предметы, не лишена трудностей. В области ее основных принципов и предположений, которые греки называют «гипотезами», много разногласий мы видели у тех, кто начал заниматься этими гипотезами, вследствие того, что спорящие не опирались на одни и те же рассуждения. Кроме того, течение светил и вращение звезд может быть определено точным числом и приведено в совершенную ясность только по прошествии времени и после многих произведенных ранее наблюдений, которыми, если можно так выразиться, это дело из рук в руки передается потомству.

Действительно, хотя Клавдий Птолемей Александрийский, стоящий впереди других по своему удивительному хитроумию и тщательности, после более чем сорокалетних наблюдений завершил создание всей этой науки почти до такой степени, что, кажется, ничего не осталось, чего он не достиг бы, мы все-таки видим, что многое не согласуется с тем, что должно было бы вытекать из его положений; кроме того, открыты некоторые иные движения, ему не известные. Поэтому и Плутарх, говоря о тропическом солнечном годе, заметил: «До сих пор движение светил одерживало верх над знаниями математиков». Если я в качестве примера привожу этот самый год, то я полагаю, что всем известно, сколько различных мнений о нем существовало, так что многие даже отчаивались в возможности нахождения точной его величины.

Если позволит бог, без которого мы ничего не можем, я попытаюсь подробнее исследовать такие же вопросы и относительно других светил, ибо для построения нашей теории мы имеем тем больше вспомогательных средств, чем больший промежуток времени прошел от предшествующих нам создателей этой науки, с найденными результатами которых можно будет сравнить те, которые вновь получены также и нами. Кроме того, я должен признаться, что многое я передаю иначе, чем предшествующие авторы, хотя и при их помощи, так как они первые открыли доступ к исследованию этих предметов.



ВЕЗАЛИЙ

(1514—1564)

Андрей Везалий родился в Брюсселе. Отец его был аптекарем при короле Карле V, который правил тогда обширной Испанской империей, включавшей Нидерланды, австрийские, итальянские и германские земли, многочисленные заморские колонии. Везалий учился сначала в школе в Лувене, а затем в знаменитом Лувенском университете. Он продолжил занятия медициной в Париже у Якова Сильвия, последователя и раннего реформатора Галена. Степень доктора хирургии Везалий получил в Базеле, но вскоре он отправился в Падую, где уже в 1537 г. стал заведовать кафедрой анатомии и хирургии. Именно в Падуе Везалий сам приступил к систематическим вскрытиям. Убедившись в несовершенстве описаний Галена, составленных еще во II веке до н. э., и полной несостоятельности догматического отношения к сочинениям этого великого врача Древнего мира, он написал свое сочинение «О строении человеческого тела», изложенное в семи книгах и законченное им в 1542 г. Везалию тогда было 28 лет. Через год эта прекрасно иллюстрированная книга вышла в Базеле.

Везалий много преподавал, читая лекции в Болонье и Пизе. В 1555 г. книга «О строении человеческого тела» вышла вторым изданием. Ясно и точно написанная, она в течение двух веков неоднократно переиздавалась; многие ее главы и велико-

лепные рисунки, исполненные учеником Тициана — Калькаром, заимствовались другими авторами; по ним учились и работали поколения врачей. Самим Везалием была составлена также краткая сводка основного труда — «Эпитома», предназначенная для студентов-медиков.

Везалий был придворным врачом Карла V. Но в 1556 г. Карл V отрекся от престола и ушел в монастырь. Королем стал его сын, подозрительный и жестокий Филипп II. Начался распад Испанской империи. Хотя Карл V пожаловал своему врачу титул князя и дал ему пенсию, Везалий поступил на службу к Филиппу II и вынужден был много времени проводить в Мадриде. Испанские врачи, фанатичные сторонники учения Галена, завидовали Везалию и преследовали его. В своей ненависти они добились, наконец, у печально знаменитой испанской инквизиции смертного приговора Везалию, этому «Лютеру анатомии»; напомним, что в 1553 г. Сервет, испанский врач и богослов, учившийся вместе с Везалием и открывший малый (легочный) круг кровообращения, за свое учение был сожжен на медленном огне Кальвином. Везалию удалось покинуть Испанию. Великий анатом хотел вернуться на свою кафедру в Падую, однако вынужден был отправиться на покаяние в Иерусалим. По пути обратно, потерпев кораблекрушение вблизи берегов Греции, Везалий оказался на острове Занте, где и умер.

Мы приводим предисловие ко второму, мало отличающемуся от первого изданию «О строении человеческого тела», этой первой современной анатомии.

О СТРОЕНИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ТЕЛА

БОЖЕСТВЕННОМУ КАРЛУ ПЯТОМУ
ВЕЛИЧАЙШЕМУ, НЕПОБЕДИМЕЙШЕМУ ИМПЕРАТОРУ

Предисловие

Так как при изучении наук и искусств, о, Карл, милостивейший Цезарь, встречается много разнообразных препятствий к тому, чтобы они изучались тщательно и применялись успешно, то я полагаю, что далеко не маловажный ущерб наносит чрезмерно дробное деление тех учений, которые завершают каждую из этих наук. И еще значительно бо́льшим препятствием является узкое распределение отдельных областей работы среди различных специалистов: те, кто ставит себе целью в жизни занятие каким-либо искусством, настолько отдаются лишь одной его отрасли, что остальные, теснейшим образом к нему относящиеся и неразрывно с ним связанные, оставляют в стороне. Поэтому они никогда не создают чего-либо выдающегося и, никогда не достигая поставленной

себе цели, постоянно отклоняются от правильного пути развития своего искусства. Вот и я намереваюсь, умалчивая об остальных науках, несколько поговорить о той, которая предназначена для сохранения человеческого здоровья, которая наиболее необходима из всех наук, изобретенных человеческим гением, и для изучения требует много труда и забот. В области этой науки ничто не могло отразиться так вредно, как то обстоятельство, что некогда,— особенно после вторжения готов и царствования в Бохаре, в Персии Мансура, при котором еще процветала у персов наука арабов, близко освоившихся с наукой греков,— после этих событий медицина начала настолько дробиться, и врачи стали пренебрегать главнейшим ее средством — использованием в лечении manus opera [хирургии]. Это стали поручать плебеям, людям, нимало не посвященным в научные дисциплины, служащие врачебному искусству. Хотя и существовало исстари в медицине три направления: логическое, эмпирическое и методическое, однако их основатели одинаково считали задачей своего искусства сохранение здоровья и уничтожение болезней. К этой цели устремлялось всё, что каждый в отдельности внутри своей школы считал необходимым для искусства врачевания, и врачи одинаково пользовались тремя средствами помощи, из коих первым был режим, вторым — применение медикаментов и третьим — manus opera. Это особенно показывает, что медицина в основном является добавлением недостающего и устранением излишнего, что она никогда не уклоняется от лечения своими силами, применяя те средства, которые, как показали время и опыт, являются наиболее целебными для человеческого рода. Этот прямой способ лечения одинаково хорошо освоили врачи каждого направления: действуя собственной рукой при лечении определенных недугов, врачи проявляли не меньшее усердие в исполнении своей обязанности, чем устанавливая режим или определяя и составляя лекарство. Это ясно доказывается, кроме прочих, и теми книгами божественного Гиппократа, в которых он превосходно, как никто, написал: «Об обязанности врача», а также «О переломах костей», «О вывихах суставов» и о тому подобных недугах.

Да и Гален, знатнейший после Гиппократа в медицине, хотя иногда и гордился порученным ему лечением пергамских гладиаторов, но даже в преклонном возрасте не допускал, чтобы с вскрываемых им обезьян даже кожу сдирал не он сам, а его слуги, и при этом часто вспоминал, как в свое время тешился мастерством своих рук и как упражнял их подобно другим врачам Азии. И, кажется, никто из древних не преминул столь же заботливо сообщить потомству о лечении, выполняемом как с помощью оперирования, так и с помощью режима и медикаментов. Но после готского опустошения, когда пришли в упадок все науки, до тех пор процветавшие и развивавшиеся, как подобало, даже наиболее одаренные из медиков, сначала в Италии, а потом и в других странах, стали, подобно древним римлянам, гнушаться оперированием и начали поручать слугам то, что им полагалось сделать для больных собствен-

норучно, а сами, подобно архитекторам, лишь присутствовали при их работе. Затем постепенно и прочие стали избегать беспокойств, связанных с подлинной медициной, и хотя и не уменьшали своего корыстолюбия и горделивости, но, по сравнению со старыми медиками, быстро выродились, ибо представляли наблюдение за режимом больных и даже приготовление диетической пищи для них — сторожам, составление лекарств — аптекарям, а оперирование — цирюльникам. С течением времени лечебное дело разложилось таким жалким образом, что врачи, присваивая себе звания физиков [ученых терапевтов], оставили за собой только назначение лекарств и диеты при недугах особого порядка, предоставляя остальное врачевание тем, кого называли «хирургами» и считали чуть ли не прислугой. Врачи, к стыду своему, отстранили от себя то, что представляет древнейшую и наиболее важную отрасль медицины и более, чем что-либо другое, зиждется на наблюдении Природы. Этим делом в Индии и посейчас занимаются цари, а персы, подобно роду Асклепиадов, передают его по наследству своим детям; эту отрасль медицины в высокой степени чтили фракийцы и многие другие народы. Врачи же пренебрегали этой отраслью своего искусства, которую вдобавок многие народы некогда и совсем изгоняли из государства, как якобы придуманную для соблазна и гибели людей: она будто бы без помощи Природы ничем не в состоянии помочь, а, наоборот, в своих потугах выяснить болезнь лишь попирает усилия Природы превозмочь недуг и отвлекает медицину от ее прямых целей. Именно этому обстоятельству мы обязаны тем, что, в то время как священнейшая наука терпит унижения от многих попреков, которыми обыкновенно забрасывают врачей, та отрасль искусства, которую, к стыду своему, отчуждают от себя обучавшиеся свободным наукам, постоянно и преимущественно украшает хвалой все наше искусство. Ведь когда Гомер, прародитель многих последующих гениев, заявляет, что врач превосходит многих других мужей, или когда он вместе со всеми другими поэтами Греции восхваляет Подалирия и Махаона, то эти божественные силы Эскулапа прославляемы не потому, что они прекращали приступы лихорадки и недомогания, большею частью исцеляемые самой Природой без помощи врача, даже успешнее, чем с его помощью. Они прославляемы и не потому, что подслуживались к капризному и пристрастному вкусу людей, а потому, что они устранили последствия вывихов, переломов, контузий, ран и других подобных повреждений, в особенности излечивали кровотечения и избавляли благородных воинов Агамемнона от страданий, причиняемых стрелами, дротиками и тому подобным оружием, страданий, которые вообще несут с собой войны и которые всегда требуют тщательной работы врача. Но я вовсе не предлагаю предпочесть один метод врачевания другому, ибо упомянутый выше троякий способ подачи помощи никоим образом не может быть разъединен, разбит на части, а весь в целом требует одного исполнителя. Это надлежит выполнять потому, что все отрасли медицины так устроены, так подго-

товлены, что применение одного из методов успешнее у того, кто сочетает его с другими сторонами своего искусства, хотя, вообще говоря, редко встречается такая болезнь, которая не требовала сразу троякого вида помощи; поэтому приходится и устанавливать потребный для больного режим, и предпринимать что-то по части медикаментов, и, наконец, так или иначе приложить к делу лечения и собственную руку. Поэтому следует всячески внушать всем вновь вовлекаемым в наше искусство молодым медикам, чтобы они презирали перешептывание физиков (да простит их бог), а следовали бы обычаю греков и настоятельным требованиям Природы и разума и прилагали к лечению и собственную руку, для того чтобы не обратить растерзанное искусство врачевания во всеобщую гибель человеческих жизней; к этому надо поощрять их усердие потому, что мы видим, как люди, наиболее осведомленные в науке, именно вследствие этого бегут от хирургии, словно от чумы, ибо иначе невежественная молва может принять их не за ученых раввинов, а за брадобреев, а этим самым уменьшится больше чем наполовину их заработок, пропадут их авторитет и их достоинство не только во мнении непросвещенной черни, но и у властителей. Ведь именно это возмутительное мнение большинства и мешает первым делом тому, чтобы даже в нашем веке мы брали на себя искусство врачевания целиком; поэтому, оставляя себе лечение только внутренних болезней, к большому вреду для смертных (если сказать сразу всю правду), мы пытаемся быть медиками не вполне, а только в некоторой части. Ведь сначала на аптекарей возлагалось лишь изготовление лекарств, а потом врачи им предоставили столь необходимое для них самих значение простых лечебных составов, и вследствие этого именно врачи оказались виновниками того, что в аптеках появилось такое изобилие варварских и даже ложных названий, а столько точнейших составов, которыми пользовались наши предки, у нас оказались утерянными, и еще большее их число остается неизвестным.

Наконец, этим поступком врачи доставили неисчерпаемое количество труда осведомленнейшим людям как нашего поколения, так и жившим за много лет до нас, которые с неутомимым усердием сосредоточились на изучении состава простых медикаментов, пытаясь восстановить знание их в прежнем блеске, и, как нам известно, они принесли в этом деле много пользы. Кроме того, такое превратнейшее распределение способа врачевания по разным специалистам вызвало еще более нестерпимое крушение и еще более жестокое поражение в главной части натуральной философии, которая состоит из описания человека и которая должна считаться крепчайшим основанием всего врачебного искусства, началом для всякого его построения. Гиппократ и Платон придавали ей столько значения, что не колебались признать за ней первую роль среди различных отраслей медицины. И так как именно анатомия раньше была предметом занятий единственно врачей, сосредоточивавших все свои силы на ее усвоении, то она, естественно,

начала приходить в жалкий упадок, когда они, предоставив другим хирургию, тем самым предали анатомию.

Когда врачи стали держаться мнения, что в их обязанность входит только лечение внутренних болезней, они сочли, что им вполне достаточно знакомства с внутренностями, и стали пренебрегать, как чем-то к ним не относящимся, изучением строения костей, мускулов, нервов, а также вен и артерий, проходящих по костям и мускулам. Отсюда, так как все оперирование поручалось цирюльникам, у врачей исчезло не только действительное знание внутренностей, но оказалось заброшенным и самое уменье делать вскрытия; а те, которым поручалось это дело, были не настолько сведущи, чтобы разбираться в ученых писаниях. Итак, эта категория людей не сохранила вверенное ей труднейшее искусство оперирования; и эта плачевная раздробленность врачебного искусства ввела в медицинских школах нетерпимый обычай, когда одни производили вскрытие человеческого тела, а другие давали объяснения его частей, с чрезвычайной важностью декламируя с высоты своих кафедр, подобно сорокам, заученное ими из чужих книг, к чему сами они и не притрагивались. Те же, кто производит вскрытие, так искусны в речи, что не могут объяснить результаты вскрытия, а только раздирают то, что надо показывать по предписанию физика, а тот, не без чванства, по комментариям разыгрывает знатока дела. Поэтому все преподается превратно; несколько дней тратится на нелепые изыскания, так что в результате от всего этого беспорядка слушатель получает меньше, чем если бы его обучал мясник на бойне. Я уже не говорю о тех школах, где едва ли когда-нибудь помышляют о вскрытии частей человеческого тела. Вот насколько пала, уже в течение долгого времени, по сравнению с ее прежними достоинствами, древняя медицина. Но теперь, с некоторого времени, в счастливых условиях нашего века, который вышние поставили под мудрое управление твоей десницы, медицина, как и все другие знания, начала оживать и поднимать голову из глубочайшего мрака, так что даже в некоторых Академиях она, казалось, почти вернула себе свой прежний блеск; но ничего она не требует так настоятельно, как возрождения почти вымершего знания о частях человеческого тела. Поэтому и я, побуждаемый примерами передовых мужей, счел нужным помочь этому в меру своих сил и доступными для меня способами; я решил не бездействовать в одиночестве в то время, когда все успешно предпринимали то или другое ради общего успеха знаний, и, чтобы не посрамить своих предков, далеко не безызвестных врачей, я вознамерился вызвать из небытия эту часть натуральной философии и достичь, если не большего совершенства, чем у древних врачей, то во всяком случае хоть равной степени ее развития, так чтобы нам не было стыдно утверждать, что наши приемы вскрытия смогут выдержать сравнение с античными, чтобы мы могли утверждать, что в наше время ничто не пришло в дальнейший упадок, а наоборот, ничто другое не восстановлено в такой полноте, как анатомия. Но мои зна-

ния никогда бы не привели к успеху, если бы во время своей медицинской работы в Париже я не приложил к этому делу собственных рук, а удовлетворился бы поверхностным наблюдением мимоходом показанных некоторыми цирюльниками мне и моим сотоварищам нескольких внутренностей на одном-двух публичных вскрытиях. Да, даже там, где медицина начала возрождаться впервые, даже там, именно так случайно преподносилась анатомия. И сам я, несколько изощренный собственным опытом, публично провел самостоятельно третье из вскрытий, на которых мне вообще когда-либо пришлось присутствовать (вскрытия, как тогда было в обычае, сосредоточивались только на внутренностях); склонившись на уговоры товарищей и наставников, я провел его более законченно, чем это делалось обычно. Взявшись за это дело вторично, я попытался показать мускулы руки и более точно провести вскрытие внутренностей. Ведь кроме восьми мускулов живота, притом безобразно и в обратном порядке разобранных, мне никто никогда (если говорить правду), не показал ни одного мускула, точно так же, как и ни одной кости, не говоря уже о расположении нервов, вен и артерий.

Потому, вследствие тревожности военного времени, мне пришлось возвратиться в Лувен. И так как там врачи в течение восемнадцати лет и во сне не видели вскрытий, то я оказал большие услуги тамошней Академии и благодаря этому сам стал много опытнее в этом деле, вообще совершенно темном, но для меня являющемся вопросом первостепенной важности во всей медицине. Там я стал излагать при вскрытиях строение человеческого тела несколько более четко, чем в Париже, и теперь младшие профессора этой Академии, оказывается, посвящают распознаванию частей человека много больше внимания, притом внимания серьезного, вполне понимая, что знакомство со строением человеческого тела — превосходное подспорье для их искусства. Далее, в Падуе, в славнейшем на всем земном шаре учебном заведении, где уже пять лет как вверена мне светлейшим и высокощедрым к научным занятиям сенатом в Венеции кафедра медицины и хирургии, поскольку к этой кафедре относится изучение и анатомии, я так поставил дело изучения строения человека, что демонстрировал его еще чаще, и, отбросив былые нелепые учебные обычаи, преподавал его так, чтобы не могло быть никакого пробела сравнительно с тем, что дошло до нас от древних. Но дело в том, что медики, по своей небрежности, слишком мало заботились о том, чтобы сохранить до нашего времени сочинения Эвдема, Герофила, Марина, Андрея, Лика и других писателей по этому вопросу; не сохранилось ни одной страницы из сочинений тех знаменитых авторов, которых Гален в своем втором комментарии к книге Гиппократа «О человеческой природе» упоминает больше двадцати раз; даже из его книг по анатомии спаслось от гибели не больше половины. Из тех же, кто следовал за Галеном и в числе которых я считаю Орибазия, Феофила, арабов и всех тех наших ученых, труды которых мне удалось прочитать (пусть простят мне великодушно за все то, что говорю),

всё, заслуживающее чтения, они заимствовали от Галена; и, клянусь Юпитером, для ревностного работника по вскрытиям они представляются ни в чем ином так мало осведомленными, как именно во вскрытиях человеческих тел. Итак, даже крупнейшие ученые, рабски придерживаясь чужих оплошностей и какого-то странного стиля, в своих непригодных руководствах только перелагали Галена и, чтобы хорошенько уяснить себе его содержание, никогда ни на волос не отступали от него; мало того, и в заголовках книг они добавляли, что их писания точно скомпилированы из положений Галена и что все эти сочинения, в сущности, принадлежат ему.

Все медики настолько доверяли Галену, что не найдется среди них, наверное, ни одного, который мог бы допустить, что в сочинениях Галена где-либо имеется или уже обнаружен хоть малейший промах в области анатомии, в то время как сам Гален довольно часто вносит поправки и неоднократно указывает на небрежность, допущенную им в его книгах, и даже в одних томах сообщает противоречащее тому, что находится в других. Но главное — то, что теперь, с возрождением искусства вскрытия, нам стало известно из внимательного чтения книг Галена: они содержат во многих местах немаловажные свидетельства о том, что сам он никогда не вскрывал тела недавно умершего человека. Вводимый в заблуждение своими опытами над обезьянами (правда, ему попадались человеческие трупы, но высохшие и потому пригодные лишь для исследования костей), Гален часто вследствие этого несправедливо возражал древним медикам, которые практиковались во вскрытиях человека. Но, кроме того, у Галена встречается весьма много ошибочных сведений и относительно обезьян, не говоря уже о том чрезвычайно удивительном обстоятельстве, что при многообразном и бесконечном различии организмов человеческого тела и тела обезьяны Гален не заметил между ними никакой разницы,— разве только в пальцах и в подколенном сгибе,— что, без сомнения. он пропустил бы вместе с прочими различиями, если бы это не бросилось в глаза и без вскрытия человека. Но сейчас я вовсе не предполагаю обличать ложные положения Галена, этого, пожалуй, первого из специалистов по анатомии. А главное, я совсем не хотел бы с самого начала выставить себя по отношению к нему непочтительным и мало охраняющим авторитет его, сделавшего столько добрых дел.

Ведь мне небезызвестно, что врачи (далеко не так, как последователи Аристотеля) обыкновенно возмущаются, когда замечают во время вскрытий, какие я произвожу в своей школе, что Гален, оказывается, больше двухсот раз отступал от истины в описании сочетания, предназначения и функции частей человеческого тела. С каким бы рьяным упрямством в целях самозащиты они (врачи) ни рассматривали разъединенные части, все же, влекомые любовью к истине, и они мало-помалу смягчаются и начинают больше верить своим глазам или бесспорным доводам, чем писаниям Галена.

А я усиленно описывал своим друзьям их поистине необычайные выводы, добытые не из чужого опыта и основанные не только на свидетельствах авторитетов. При этом я заботливо и дружески поощрял своих друзей к наблюдению, а следовательно, и к ознакомлению с истинной анатомией, так что возникает надежда, что она будет разрабатываться во всех Академиях именно так, как это когда-то было в обычае в Александрии.

И я сделал все, что от меня зависело, дабы, при счастливых предрасположениях Муз, осуществился успех этого дела: кроме того, что я издал по этому предмету в свое время,— именно то, что теперь некоторые плагиаторы, воображая, что я живу далеко от Германии, выпустили как свое,— кроме этого я сделал полное описание частей человеческого тела в семи книгах так, как я обыкновенно трактую анатомию в этом го роде, в Болонье, в Пизе, в собрании ученых мужей.

Я сделал это для того, чтобы те, кто присутствовал при вскрытиях, имели в своем распоряжении комментарии к показанному им, и поэтому им будет удобнее демонстрировать анатомию и другим. Впрочем, и для тех, кто не имел случая сам наблюдать, книги эти никак не будут бесполезны, ибо они достаточно подробно излагают количество, положение, форму, вещество, связь с другими частями, назначение и функцию каждой части человеческого тела и многое из того, что мы обычно объясняем при вскрытии его частей. Эти книги, вместе с описанием приемов вскрытия мертвых и живых организмов, содержат изображения их частей, вставленные в содержание беседы о них таким образом, чтобы они как бы представляли взору изучающих творения Природы и вскрытое тело.

В книге I я изложил свойства всех костей и хрящей, с которыми должно ознакомиться прежде всего, поскольку прочие части держатся на них и описываются по ним.

В книге II перечисляются связки, при помощи которых соединяются между собой кости и хрящи, а затем мускулы, производящие наши произвольные движения.

Книга III охватывает многочисленные вены, переносящие кровь, свойственную мускулам, костям и прочим частям и питающую их, а также и артерии, определяющие в организме степень присущего именно им тепла и жизненного духа.

Книга IV объясняет разветвления не только тех нервов, которые вносят в мускулы животный дух, но и всех остальных нервов.

Книга V сообщает об органах питания, доставляющих пищу и питье, и, кроме того, содержит описание органов, близких к последним, созданных творцом всего, что служит для продления рода.

Книга VI посвящена питомнику жизненной способности — сердцу и обслуживающим его частям.

Книга VII излагает строение мозга и органов чувств, но в таком виде, чтобы не повторять того, что уже изложено в книге V о расположении нервов, ведущих свое происхождение от мозга.

Дело в том, что в распорядке этих книг я следовал мысли Галена, считавшего нужным после описания мускулов изложить анатомию вен, артерий, нервов, а затем анатомию внутренностей, хотя некоторые, особенно новички в этой науке, будут требовать, и не без основания, после изложения картины распределения сосудов, сведений о внутренностях, подобно тому как я это дал в «Эпитоме», изготовленном в виде руководства к этим книгам и с указателем того, что в них содержалось. Эту книгу я украсил блеском имени светлейшего государя Филиппа, сына твоего величества и живого повторения отцовских доблестей.

Но здесь мне припоминается, как некоторые горячо осуждают то, что учащимся в числе изображений объектов природы предлагаются не только травы, но и части человеческого тела, хотя бы и хорошо исполненные, потому что, по их мнению, должно изучать предмет не по картинам, а путем тщательного вскрытия и рассмотрения самих вещей. Они поступают так, как будто бы я прилагал к тексту самые точные изображения, притом никогда не подвергавшиеся искажению со стороны печатников, с той целью, чтобы учащиеся довольствовались только ими и воздерживались от вскрытия тел. А я поощряю — и этими изображениями, и какими угодно другими способами — то, чтобы готовящиеся к медицинскому званию собственноручно занимались практикой. Конечно, если бы у нас сохранился обычай древних, упражнявших юношей во вскрытиях так же, как и в чтении и рисовании, тогда я, пожалуй, допустил бы, чтобы у нас отсутствовали не только рисунки, но и всякие комментарии, подобно тому, как это и было у древних. Ведь древние начали писать о руководстве вскрытиями лишь тогда, когда сочли своим долгом сообщить это искусство не только одним детям, но и не касающимся этого дела уважаемым за доблесть мужам. А когда перестали упражнять юношей во вскрытиях, неизбежно стали изучать и анатомию с меньшим успехом, поскольку прекратились эти начинавшиеся обыкновенно с детства упражнения. После того как наука вышла из семьи Асклепиадов и много веков склонялась к упадку, понадобились книги, сохранившие в целости ее положения. А что картины способствуют пониманию вскрытий и представляют их взору яснее самого понятного изложения, то ведь нет никого, кто бы не испытал того же при изучении геометрии и других математических дисциплин.

Однако, как бы там ни было, я всеми своими силами стремился к тому, чтобы в этом деле, сокровеннейшем и труднейшем, принести пользу наибольшему числу людей; я стремился как можно правдивее и полнее изложить строение человеческого тела, состоящего не из десяти или двенадцати (как представляется при поверхностном взгляде), а из нескольких тысяч различных элементов, и этим дать ценное пособие для готовящихся к медицинскому званию, чтобы они лучше понимали книги Галена, относящиеся к этой дисциплине, особенно те, которые требуют помощи наставника. Но от меня не ускользает то обстоятельство, что весь этот мой опыт из-за моего возраста, еще не достигшего

28 лет, будет иметь мало авторитета. Не ускользает от меня и другое обстоятельство: что вследствие частого указания на неверность в сообщениях Галена мой труд подвергнется нападкам со стороны тех, кто не брался за анатомию так ревностно, как это имело место в итальянских школах, и кто теперь уже в преклонном возрасте изнывает от зависти к правильным разоблачениям юноши: им станет совестно, что хотя они и присваивают себе громкое имя в области науки, но до сих пор, вместе с прочими поклонниками Галена, были слепы и не замечали того, что мы сейчас предлагаем.

Конечно, если наш труд сможет выйти в свет с одобрения и под покровительством некоего высокого лица, то, поскольку искусство не может быть защищено надежнее и украшено ярче никаким другим более великим именем, как именем божественного Карла,— непобедимейшего и величайшего бессмертного императора,— я умоляю Твое Величество дозволить этому моему юношескому ученому труду, коим по многим причинам и основаниям я тебе обязан, ходить по рукам людей под твоим высоким водительством и изволением до тех пор, пока я, благодаря практике и росту с годами моего ума и образованности, не сделаю этот труд воистину достойным величайшего и наилучшего государя или же пока не преподнесу ему другой немаловажный дар иного содержания, но взятый из той же области нашего искусства. Выскажу догадку, что из всей аполлоновской учености, а следовательно, и из всей натуральной философии, не может быть создано ничего более приятного или желательного для Твоего Величества, чем повествование, из которого мы знакомимся с телом и душою, с их согласованностью между собой, с неким божественным провидением и с его согласованностью с нами самими (что поистине важно для человека).

Чтобы подкрепить сказанное еще более убедительными доводами, я должен присовокупить, что заключаю это из того, что среди многочисленного обилия книг, посвященных твоему деду, блаженной памяти Максимиллиану, величайшему из римских императоров, наиболее приятными для него были книги именно подобного содержания. Никогда я не забуду также, с каким удовольствием ты рассматривал мои анатомические таблицы, с особым интересом останавливаясь на некоторых из них, таблицы, которые принес тебе как-то для просмотра отец мой Андрей — верноподданнейший твой и главный из аптекарей при Твоем Величестве. Я уже не говорю сейчас о твоей необычной любви ко всяким наукам, и больше всего к математике, особенно к той ее части, которая трактует о Вселенной и звездах; не говорю я и об удивительной у такого, как ты, героя, любви к ним. Поэтому невозможно, чтобы тебе, которого так привлекает познание мира, не доставило удовольствия рассмотрение строения совершеннейшего из всех созданий, чтобы ты не восхищался этим приемником и орудием бессмертной души, которое не без основания именовалось у древних малым миром, так как он (микрокосм) во многих отношениях соответствует Вселенной.

Впрочем, хотя сейчас я вовсе не намерен здесь объяснять это пространно, но наука о строении человеческого тела является самой достойной для человека областью познания и заслуживает чрезвычайного одобрения; наиболее выдающимся и в деяниях своих, и в занятиях философскими дисциплинами мужам Рима было угодно посвящать ей все свои силы.

Я не счел нужным произносить тебе какие-нибудь похвалы, отлично помня об Александре Великом, который не хотел, чтобы его рисовал кто-либо иной, кроме Апеллеса, воспроизводил в бронзе никто, кроме Лизиппа, и высекал из мрамора никто, кроме Пирготелеса. Потому и я боялся, что своей сухой и малоопытной речью пролью на твои славные деяния скорее не столько света, сколько мрака: особенно теперь, когда никак нельзя одобрить принятый во всех предисловиях обычай — без всякого выбора и почти не по заслугам, а кто будто по какой-то установленной формуле, из-за какого-нибудь жалкого вознаграждения, приписывать кому-либо и удивительную ученость, и отменное благоразумие, и поразительную твердость, и остроту мышления, и неутомимую щедрость, необычайную любовь к науке и литературе, и совершенную быстроту в практических делах,— словом, весь хор добродетелей, хотя всякий видит вполне ясно (впрочем, об этом можно было бы здесь не говорить), что Твое Величество во всех этих качествах превосходит всех остальных смертных не менее, чем оно превосходит их своим величием, своим счастьем и триумфами своих подвигов. Поэтому-то мы чтим тебя еще при жизни, как высшее провидение, и я молю, чтобы боги не позавидовали наукам и всему миру и спасли и сохранили тебя наиболее невредимым и неизменно счастливым во имя блага смертных.

В Падуе,
в августовские календы,
в лето 1542 г.



ГИЛБЕРТ

(1540—1603)

Современник Шекспира и Бэкона, придворный врач Елизаветы Тюдор и президент Лондонской коллегии врачей, Вильям Гилберт жил в эпоху установления морского могущества Англии, последовавшего после распада Испанской империи. На его родине в Колчестере, вблизи Лондона, на алтаре церкви св. Троицы на плохой латыни написано:

«Амброзий и Вильям Гилберты воздвигли этот памятник Вильяму Гилберту-старшему, эсквайру и доктору физики в память братской любви к нему. Он был старшим сыном Джерома Гилберта, эсквайра, родился в городе Колчестер, изучал физику в Кембридже и практиковал в Лондоне более 30 лет с величайшим одобрением и таким же успехом. Будучи назначен ко двору, он был принят с величайшей благосклонностью королевой Елизаветой, у которой он был лейб-медиком, равно как и у ее преемника Якова. Он написал книгу о магните, весьма прославленную теми, кто занят в морском деле. Он умер в 1603 году, в последний день ноября, на 63 году жизни».

По свидетельству современников, Гилберт был веселым и радушным хозяином. В его доме часто собирались врачи и ученые, друзья. Среди них были знаменитые мо-

реплаватели и пираты — гроза испанцев на море — Фрэнсис Дрейк и Кэвендиш. Им Гилберт несомненно обязан многими сведениями о поведении компаса в дальних странах, когда впервые весь земной шар начал исследоваться человеком как целое.

Гилберт был сторонником и пропагандистом системы Коперника. Заметим, что он также обратил внимание на притяжение предметов натертым янтарем и первым назвал эти явления электрическими.

Мы приводим предисловие к книге Гилберта «О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле; новая физиология, доказанная множеством аргументов и опытов», изданной в 1600 г. в Лондоне. Это не только книга, по существу определившая все наши знания в области магнетизма и земного магнитного поля вплоть до начала XIX века, но это, несомненно, одно из первых и исключительных по своей силе свидетельств могущества экспериментального индуктивного метода научных исследований. Недаром Галилей позднее писал, что Гилберт «велик до такой степени, которая вызывает зависть». Эту зависть, по-видимому, разделял и Ф. Бэкон – государственный деятель и философ. Бэкон в начале XVII века выступил с утверждением экспериментального индуктивного метода в науке, который до него с таким успехом практиковал его великий соотечественник.

О МАГНИТЕ, МАГНИТНЫХ ТЕЛАХ И О БОЛЬШОМ МАГНИТЕ — ЗЕМЛЕ

Ввиду того, что при исследовании тайн и отыскании скрытых причин вещей, благодаря точным опытам и опирающимся на них аргументам, получаются более сильные доводы, нежели от основанных на одном только правдоподобии предположений и мнений вульгарных философов, мы поставили себе целью — для выяснения благородной сущности совершенно неизвестного до сих пор большого магнита, всеобщей матери (Земли), и замечательной и выдающейся силы этого шара — начать с общеизвестных каменных и железных магнитов, магнитных тел и наиболее близких к нам частей Земли, которые можно ощупывать руками и воспринимать чувствами; затем продолжить это при помощи наглядных опытов с магнитами и таким образом впервые проникнуть во внутренние части Земли. Осмотрев и изучив в большом количестве то, что извлекается из высоких гор, морских глубин, подземных пещер и потаенных рудников, мы, наконец, с целью лучшего познания истинного вещества Земли, долго и много, с большим старанием занимались исследованием магнитных сил (удивительных и превосходящих свойства всех имеющихся у нас тел, если сравнить с ними силы всех прочих ископаемых). Мы нашли, что

этот наш труд не был бесполезным и бесплодным, так как при наших ежедневных опытах выяснялись новые и неведомые особенности и благодаря тщательному рассмотрению вещей философия обогатилась в такой степени, что мы получили возможность приступить к объяснению с помощью магнитных принципов внутренних частей земного шара и его подлинной сущности и к ознакомлению людей с Землей (всеобщей матерью), как бы показывая на нее пальцем посредством истинных доказательств и опытов, прямо воспринимаемых нашими чувствами. Подобно тому как геометрия восходит от очень малых и легких оснований к величайшему и труднейшему, благодаря чему проницательный ум возносится выше эфира, так и наше учение и наука о магните показывают в соответствующей последовательности сначала некоторые не очень редкие явления, вслед за ними обнаруживают более замечательные, наконец,— в порядке очереди — раскрываются величайшие и сокровенные тайны земного шара и познаются их причины — все то, что оставалось неизвестным и было упущено из-за невежества древних или нерадивости новых ученых.

Но зачем мне при наличии столь обширного океана книг, которые смущают и утомляют умы занимающихся наукой, которыми, несмотря на их нелепость, чернь и самые несносные люди опьяняются и бредят, от которых они надуваются, производят смятение в науке и, объявляя себя философами, врачами, математиками, астрологами, смотрят с пренебрежением и презрением на ученых людей; зачем мне, повторяю, вносить кое-что новое в эту пребывающую в таком смятении республику наук и отдавать эту славную и (ввиду множества заключающихся в ней неведомых до сего времени истин) как бы новую и поразительную философию на осуждение и растерзание злоречием либо тем, кто поклялся соблюдать верность чужим мнениям, либо нелепейшим исказителям добрых наук, невежественным ученым, грамматикам, софистам, крикунам и сумасбродной черни? Я, однако, препоручаю эти основания наук о магните — новый род философии — только вам, истинные философы, благородные мужи, ищущие знания не только в книгах, но и в самих вещах. Если кое-кто не пожелает согласиться с мнениями и парадоксами, то пусть он все же обратит внимание на большое обилие опытов и открытий (благодаря которым и процветает главным образом всякая философия). Они были придуманы и осуществлены благодаря нашему великому тщению, бдениям и издержкам. Наслаждайтесь ими и, если сможете, сделайте из них лучшее употребление. Знаю, как трудно придать старому новый вид, потускневшему — блеск, темному — ясность, надоевшему — прелесть, сомнительному — достоверность, но гораздо труднее закрепить и утвердить, вопреки общему мнению, авторитет за тем, что является новым и неслыханным. Мы, однако, об этом и не беспокоимся: ведь мы решили изложить нашу философию для немногих. Наши открытия и опыты мы отметили большими и маленькими звездочками в соответствии с их значением и тонкостью. Тот, кто пожелает повторить эти

опыты, должен обращаться с телами не робко и неумело, а разумно, искусно и уверенно, чтобы по неведению (если дело у него не пойдет) не хулить наших открытий: ведь в этих книгах опубликовано только то, что подверглось испытанию и много раз было проделано и осуществлено. Многие рассуждения и гипотезы на первый взгляд покажутся, может быть, неприемлемыми, так как они расходятся с общими мнениями. Я, однако, не сомневаюсь в том, что впоследствии они — благодаря сопровождающим их доказательствам — завоюют себе авторитет. Поэтому, чем дальше продвигаешься вперед в науке о магните, тем больше полагаешься на гипотезы и достигаешь больших успехов; нелегко будет даваться какое-либо точное знание в магнитной философии тому, кто не знает ее полностью или, по крайней мере, большую ее часть.

Почти вся эта физиология является новой и неведомой: до сих пор лишь очень немногие авторы сообщили скудные сведения об общеизвестных магнитных силах. Поэтому мы очень редко обращались за помощью к древним писателям и к грекам: греческие аргументы и греческие слова не могут ни остроумнее доказать истину, ни лучше разъяснить ее. Наша наука о магните далека от большинства их принципов и правил. Мы не придали этому нашему произведению никаких прикрас красноречия и словесного убранства, но имели в виду одно: излагать трудные и неизвестные до сих пор вещи в той словесной форме и такими словами, какие необходимы для того, чтобы эти вещи стали вполне понятными. Иногда мы пользуемся некоторыми новыми и неслыханными словами не для того, чтобы с помощью словесных покровов окружить вещи туманом и мраком (как это обычно делают химики), а для того, чтобы ясно и полно выразить тайны, не имеющие названия и ни разу еще до сих пор не подмечавшиеся.

От опытов с магнитом и знакомства с однородными частями Земли мы переходим к общей природе всей Земли; и здесь принято решение философствовать свободно, пользуясь той же вольностью, с какой некогда египтяне, греки, римляне распространяли свои учения. Ведь множество содержащихся в последних заблуждений давно уже передано по наследству, как бы из рук в руки, новым писателям; держась за них, полузнайки блуждают среди вечного мрака. Древним, которые были как бы родителями философии — Аристотелю, Феофрасту, Птолемею, Гиппократу, Галену,— всегда следует воздавать подобающий им почет, так как от них распространилась и дошла до потомков мудрость. Но и наше время открыло и вывело на свет многое такое, что охотно приняли бы и они, будь они живы. Вот почему и мы, не колеблясь, решили изложить в виде правдоподобных гипотез то, что мы обнаружили благодаря долгому опыту. Будь здоров!

II. ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ XVII ВЕКА



ГАЛИЛЕЙ

(1564—1642)

Галилео Галилей принадлежал к старинному, но обедневшему патрицианскому роду. Он родился в Пизе и бóльшую часть своей долгой жизни прожил на севере Италии, лишь изредка посещая Рим. Одиннадцати лет вместе с отцом, известным музыкантом своего времени, он переехал во Флоренцию, где был отдан на воспитание в монастырь Валломброса. Раннее изучение греческого и латыни, несомненно, способствовало развитию блестящего литературного стиля Галилея. Однако под предлогом болезни глаз отец забрал сына из монастыря, и в 17 лет Галилей стал студентом медицинского факультета Пизанского университета. Здесь он впервые столкнулся с физикой Аристотеля; увлекшись механикой и математикой, Галилей оставил медицину. Вскоре он вернулся во Флоренцию, где провел несколько лет, занимаясь математикой. По совету отца он изучает Эвклида и Архимеда, и именно труды этих великих мыслителей древности оказали решающее влияние на формирование Галилея как ученого. К этому времени относятся его первые работы по гидростатике, приведшие к изобретению весов для определения удельного веса сплавов, и теоретические исследования о центре тяжести тел.

В 1589 г. Галилей получил кафедру математики в Пизе, а три года спустя он пе-

реехал в Падую и затем в Венецию. Этот период стал временем наивысшего творческого расцвета Галилея, период, который 30-летний профессор считал счастливейшим в своей жизни. К этому времени относятся его основополагающие исследования по механике: им был открыт изохронизм колебаний маятника, изобретен пропорциональный циркуль; в эти годы Галилей стал сторонником и пропагандистом системы Коперника. В Венеции он встретил девушку из простой семьи Марину Гамбу, от которой впоследствии у него было две дочери и сын; брак их не считался тогда законным.

Замечательным для наблюдательной астрономии стал 1609 год, когда Галилей впервые направил на небо построенную им зрительную трубу. Поразительные результаты наблюдений были незамедлительно опубликованы Галилеем в сочинении, торжественно озаглавленном «Звездный вестник».

Слава Галилея росла. С башни собора св. Марка Галилей демонстрировал звездное небо венецианскому дожу. Он стал «Первым философом и математиком Великого Герцога Тосканы» при дворе Козимо II Медичи. Поездка Галилея в 1611 г. в Рим была триумфальной. Ватикан принял его благосклонно и доброжелательно. Галилей становится членом незадолго до этого учрежденной Папской Академии дей Линчеи (Рысьеглазых). Коперниковские взгляды Галилея никто не запрещает. Но вскоре общая историческая обстановка времени, связанная, в первую очередь, с ростом контрреформации, с обострением политической борьбы между Папой и протестантами, привела и к обострению борьбы идеологической. Недаром еще Лютер указывал на терпимость Рима к учению Коперника как на пример отступничества и упадка веры. Ватикан начал действовать.

В 1616 г. конгрегация из 11 доминиканцев и иезуитов объявляет учение Коперника нелепым и еретичным. Книга Коперника запрещается, а Галилею частным образом указали на недопустимость защиты этого учения. В 1623 г. на папский престол избирается Маффео Барберини, ставший Папой Урбаном VIII. Бывший кардинал был дружен с Галилеем и оказывал ему внимание; в этой обстановке Галилей считал возможным выступить с пропагандой коперниковского учения. В знаменитом «Диалоге о двух главнейших системах мира» (1637) учение Птолемея и Коперника развивается в виде беседы Сагредо, Сальвиати (двух друзей Галилея) и Симпличо (простака). Несмотря на наличие всех формальных цензурных разрешений на публикацию и даже устного согласия Папы, инквизиция потребовала суда над Галилеем. 69-летнего ученого вызвали в Рим. После четырех дней допроса и угрозы пыткой Галилея заставили произнести публичное отречение от учения Коперника. «Диалог» стал запрещенной книгой, а ее автор — пожизненным «узником инквизиции».

Галилей сначала жил в Риме в доме герцога Тосканского. Ему были запрещены разговоры и рассуждения о движении Земли, не разрешались встречи с иностранцами. Тем не менее в Голландии выходит латинский перевод «Диалога», появляются рассуждения Галилея об отношении Библии и естествознания. В 1638 г. в Голландии выходит, быть может, самая замечательная, по существу, итоговая книга Галилея «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки».

В 1637 г. Галилей ослеп, еще раньше умерла его любимая старшая дочь, ухаживавшая за ним. Он умер вблизи Флоренции на руках своих учеников Вивиани и Торричелли. Там же на вилле Арчетри его похоронили, и только через 95 лет была исполнена последняя воля Галилея — его прах перенесен в церковь Санта Кроче во Фло-

ренции, где он покоится рядом с Микельанджело. Только недавно, в 1971 г., католическая церковь отменила решение об осуждении Галилея.

Из обширного и блестяще написанного научного наследия Галилея мы приводим введение к его ранней работе «Механика» (1600), посвящение и вводный параграф «Звездного вестника» и посвящение и обращение к читателю, с которых начинаются «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки».

МЕХАНИКА

О ПОЛЬЗЕ, КОТОРАЯ ИЗВЛЕКАЕТСЯ ИЗ МЕХАНИКИ И ЕЕ ОРУДИЙ

Мне думается, что прежде чем переходить к рассуждениям по поводу механических орудий, было бы чрезвычайно важно рассмотреть их в общем и уяснить себе, каковы те выгоды, которые получают от этих орудий; по-моему, это тем более следует сделать потому, что, насколько я наблюдал (если не ошибаюсь), механики часто заблуждаются, желая применить машины ко многим действиям, невозможным по самой своей природе, а в результате и сами оказываются обманутыми и в равной степени обманывают тех, кто исходил в своих надеждах из их обещаний. Как мне кажется, я понял: главная причина подобных заблуждений — это уверенность, что такими приспособлениями всегда можно поднять и передвинуть при помощи незначительной силы громадные грузы, обманывая таким образом природу, стремление которой, я сказал бы даже, основа ее устройства, состоит в том, что никакое сопротивление нельзя преодолеть силой, менее мощной, чем оно само. Я надеюсь, что те точные и необходимые доказательства, которые мы получим в дальнейшем, сделают очевидным, насколько ошибочна такая уверенность.

Поскольку было отмечено, что польза, извлекаемая из машин, состоит вовсе не в том, чтобы при помощи машины перемещать малой силой такие грузы, которые мы не были бы в состоянии переместить одной только силой, считаю уместным объяснить, какие собственно выгоды получают от машин, так как, если нет надежды на какую-либо выгоду, то напрасно затрачивать труд на создание самих машин.

И вот, чтобы начать наши рассмотрения, надо принять во внимание четыре предмета: первый — это груз, который нужно перенести с места на место; второй — это сила или мощь, которая должна его перенести; третий — это расстояние между начальной и конечной точками перемещения; четвертый — это время, в течение которого должно произойти перемещение; но время сводится к тому же, что и скорость, быстрота движения, ибо из двух движений за более быстрое принимается то движение, при котором данное расстояние проходят за меньшее время. Теперь, когда задано любое сопротивление, определена сила и указано любое расстояние, нет сомнения в том, что заданная сила переместит

заданный груз на указанное расстояние. Ибо, даже если сила весьма мала, то, разделив груз на множество частей, из которых ни одна не превосходит силу, и, перенося эти части одну за другой, мы переместим в конце концов весь груз на установленное расстояние; но по окончании действия следует сказать, что больший груз был сдвинут и перемещен не силой, меньшей, чем он сам, а силой, несколько раз повторившей то движение и прошедшей пространство, которое один только раз было пройдено всем грузом. Отсюда вытекает, что скорость силы во столько раз превосходит сопротивление груза, во сколько раз сам груз превосходит силу; однако из того, что за время, пока движущая сила несколько раз преодолевала расстояние между крайними точками движения, само перемещаемое тело прошло его только один раз, не следует все-таки делать вывод, что большое сопротивление оказалось преодоленным, вопреки устройству природы, малой силой. О преодолении сопротивления природы можно было бы говорить только в случае, если бы меньшая сила преодолела большее сопротивление с той же скоростью движения, с которой перемещается она сама; чего, как мы с полной уверенностью утверждаем, невозможно добиться при помощи какой бы то ни было машины, как изобретенной, так и такой, какую вообще возможно изобрести. Но поскольку иногда бывает необходимо, имея малую силу, переместить большой груз целиком, не разделяя его на части, то в таком случае приходится прибегать к машине, с помощью которой и перемещают предложенный груз на установленное расстояние; но при этом той же самой силе неизбежно придется преодолевать то же самое расстояние или другое, равное ему, столько раз, во сколько раз сам груз превосходит силу; так что в конце действия не получим от машины никакой пользы, кроме того, что она переместит данной силой на данное расстояние сразу весь тот груз, который, будучи разделен на части, был бы перемещен той же самой силой в течение того же самого времени на то же расстояние и без помощи машины. А именно это и должно расцениваться как одна из выгод, получаемая от механики, потому что действительно часто оказывается необходимым при недостатке силы, но не времени, перемещать целиком большие грузы. Но кто понадеется и попытается добиться при помощи машины того же результата, не замедляя движения перемещаемого тела, тот неизбежно окажется обманутым в своих надеждах и обнаружит непонимание как природы механических орудий, так и принципов их действия.

Другая выгода, получаемая от механических орудий, зависит от места, где их применяют, ибо не все механические орудия применяются с одинаковым удобством в любом месте.

Объясним нашу мысль примером: беря воду из колодца, мы пользуемся простой веревкой с привязанным к ней сосудом, который принимает и сохраняет то количество воды, какое мы можем вычерпать за определенное время нашими ограниченными силами; но кто воображает, что можно какой-либо машиной за то же самое время при помощи той

же самой силы вычерпать большее количество воды, тот глубочайшим образом заблуждается. И тем чаще и глубже он будет заблуждаться, чем более разнообразные и многочисленные приспособления он будет измышлять. Но тем не менее мы видим, что воду извлекают и другими орудиями: так, например, для высушивания корабельного трюма используют помпы. Но здесь следует заметить, что помпы применяются с той же целью вовсе не потому, что они извлекают больше воды, чем это можно сделать за то же самое время и той же самой силой простым ведром, а только потому, что применение ведра или другого какого-либо подобного сосуда в этом месте не дало бы желаемого результата, т. е. полезного освобождения трюма от любого незначительного количества воды. Это вообще невозможно сделать ведром, так как оно погружается и черпает воду только там, где она стоит на достаточно высоком уровне. Мы видим, что при помощи той же помпы высушивают и погреба, откуда воду нельзя вычерпать иначе, как только наклонно, а действовать обычным ведром, которое поднимается и опускается на своей веревке перпендикулярно, невозможно.

Третья и, вероятно, наибольшая выгода среди других выгод, получаемых от механических орудий, связана с тем, что́ движет; движение может быть вызвано или какой-либо неодушевленной силой, например течением реки, или же одушевленной силой, расходы на содержание которой окажутся, однако, значительно меньше расходов, необходимых для поддержания силы человека. Так, например, используя для вращения жернова течение реки или силу лошади, добиваются такого же результата, для которого оказалась бы недостаточной мощь четырех или шести человек. Именно поэтому и удается нам извлекать выгоду при подъеме воды, а также совершать другие действия, которые люди выполняют и без специальных устройств. Так, ведь уже простым сосудом можно брать воду, поднимать ее и выливать там, где это необходимо; но поскольку лошадь или другой подобный двигатель обладает только избытком силы, но не умеет рассуждать и при нем нет приспособлений, устроенных для того, чтобы подхватывать сосуд, вовремя его опоражнивать, а затем снова возвращать для наполнения, то механику необходимо восполнить этот естественный недостаток двигателя, придумывая такие приспособления, при помощи которых удавалось бы добиться желаемого результата приложением только силы. В этом-то и заключается величайшая выгода: она не в том, что колеса или другие машины меньшей силой и с большей скоростью и на большем пространстве переносят тот самый груз, который могла бы перенести без применения орудий равная, но разумно и хорошо организованная сила, а в том, что падение воды ничего не стоит или стоит очень мало, а содержание лошади или другого какого-либо животного, сила которого превосходит силу восьми, а то и более человек, потребует гораздо меньше расходов, необходимых для содержания такого количества людей.

Итак, вот в чем выгода, которую получают от механических орудий;

она не в том вовсе, о чем мечтают неразумные инженеры, думающие обмануть природу и только посрамляющие себя, стремясь применять машины для невыполнимых предприятий.

Из немногого, до сих пор сказанного, и из того, что в этом трактате доказано в дальнейшем, мы придем к тому же убеждению, если будем внимательно воспринимать все, что следует.

ЗВЕЗДНЫЙ ВЕСТНИК

ПОСВЯЩАЕТСЯ КОЗИМО II МЕДИЧИ, ЧЕТВЕРТОМУ ГЕРЦОГУ ЭТРУРИИ

Превосходительнейшие сенаторы, главы превосходительного Совета Десяти, нижеподписавшиеся, будучи ознакомлены сенаторами реформаторами Падуанского университета через сообщение двух лиц, кому это было поручено, то есть уважаемого о. инквизитора и осмотрительного секретаря сената Джов. Маравилья, с клятвой, что в книге под заглавием «Звездный вестник» и т. д. Галилео Галилея не содержится ничего противного святой католической вере, законам и добрым нравам, и что эта книга достойна быть напечатанной, дают разрешение, чтобы она могла быть напечатана в этом городе.

Дано в первый день марта 1610

АНТ. ВАЛАРЕССО
НИКОЛО БОН } *Главы превосходительного Совета Десяти*
ЛУНАРДО МАРЧЕЛЛО

БАРТОЛОМЕЙ КОМИН, Секретарь славнейшего Совета Десяти

1610, в день 8 марта, зарегистрировано в книге, лист 39

Астрономический вестник, содержащий и обнародующий наблюдения, произведенные недавно при помощи новой зрительной трубы на лике Луны, Млечном пути, туманных звездах, бесчисленных неподвижных звездах, а также четырех планетах, никогда еще до сих пор не виденных и названных Медицейскими светилами.

В этом небольшом сочинении я предлагаю очень многое для наблюдения и размышления отдельным лицам, рассуждающим о природе. Многое и великое, говорю я, как вследствие превосходства самого предмета, так и по причине неслыханной во все века новизны, а также и из-за инструмента, благодаря которому все это сделалось доступным нашим чувствам.

Великим, конечно, является то, что сверх бесчисленного множества неподвижных звезд, которые природная способность позволяла нам ви-

деть до сего дня, добавились и другие бесчисленные и открылись нашим глазам никогда еще до сих пор не виденные, которые числом более чем в десять раз превосходят старые и известные.

В высшей степени прекрасно и приятно для зрения тело Луны, удаленное от нас почти на шестьдесят земных полудиаметров, созерцать в такой близости, как будто оно было удалено всего лишь на две такие единицы измерения, так что диаметр этой Луны как бы увеличился в тридцать раз, поверхность в девятьсот, а объем приблизительно в двадцать семь тысяч раз в сравнении с тем, что можно видеть простым глазом; кроме того, вследствие этого каждый на основании достоверного свидетельства чувств узнает, что поверхность Луны никак не является гладкой и отполированной, но неровной и шершавой, а также что на ней, как и на земной поверхности, существуют громадные возвышения, глубокие впадины и пропасти.

Кроме того, отпал предмет спора о Галаксии, или Млечном пути, и существо его раскрылось не только для разума, но и для чувств, что никак нельзя считать не имеющим большого значения; далее очень приятно и прекрасно как бы пальцем указать на то, что природа звезд, которые астрономы называли до сих пор туманными, будет совсем иной, чем думали до сих пор.

Но что значительно превосходит всякие изумления и что прежде всего побудило нас поставить об этом в известность всех астрономов и философов, заключается в том, что мы как бы нашли четыре блуждающие звезды, никому из бывших до нас неизвестные и не наблюдавшиеся, которые производят периодические движения вокруг некоторого замечательного светила из числа известных, как Меркурий и Венера вокруг Солнца, и то предшествуют ему, то за ним следуют, никогда не уходя от него далее определенных расстояний. Все это было открыто и наблюдено мной за несколько дней до настоящего при помощи изобретенной мной зрительной трубы по просвещающей милости божией.

Может быть, и другое еще более превосходное будет со временем открыто или мной, или другими при помощи подобного же инструмента; форму и устройство его, а также обстоятельства его изобретения я сначала расскажу кратко, а потом изложу историю произведенных мною наблюдений.

БЕСЕДЫ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА, КАСАЮЩИЕСЯ ДВУХ НОВЫХ ОТРАСЛЕЙ НАУКИ

ЗНАМЕНИТЕЙШЕМУ СИНЬОРУ ГРАФУ ДИ НОАЙЛЬ
СОВЕТНИКУ ЕГО ХРИСТИАНСКОГО ВЕЛИЧЕСТВА, КАВАЛЕРУ ОРДЕНА СВЯТОГО ДУХА,
ФЕЛЬДМАРШАЛУ ЭССЕРЦИТИЙСКОМУ, СЕНЕШАЛЮ И ГУБЕРНАТОРУ РОЕРГА,
НАМЕСТНИКУ ЕГО ВЕЛИЧЕСТВА В ОВЕРНИ,
МОЕМУ ГЛУБОКОУВАЖАЕМОМУ
СИНЬОРУ И ПАТРОНУ

Глубокоуважаемый синьор!

Считаю актом благодеяния с Вашей стороны, досточтимый синьор, то, что вы соблаговолили распорядиться моим настоящим сочинением, хотя я, как вам известно, смущенный и напуганный несчастной судьбою других моих сочинений, принял решение не выпускать более публично своих трудов и, чтобы не оставлять их вовсе под спудом, сохранять лишь рукописные копии таковых в месте, доступпом, по крайней мере, для лиц, достаточно знакомых с трактуемыми мною предметами. Выбирая путь, я остановился на мысли, что прежде и лучше всего будет вручить мою рукопись Вам, ибо я был уверен, что, в силу Вашего особого ко мне расположения, Вы охотно примете на себя хранение моих трудов и сочинений. Для этой цели, воспользовавшись проездом Вашим с посольством на обратном пути из Рима, я имел честь приветствовать Вас лично, как уже неоднократно делал письменно, и при этой встрече передал Вам копию настоящих двух к тому времени уже готовых трактатов, которые Вы благосклонно одобрили и согласились беречь в сохранности, а также ознакомить с ними некоторых Ваших друзей во Франции — людей, сведущих в таких науках, показав тем, что я хотя и молчу, но провожу жизнь не совсем праздно. После того я вознамерился приступить к изготовлению других копий для рассылки их в Германию, Фландрию, Англию, Испанию и некоторые места Италии, как вдруг совершенно неожиданно был извещен фирмою Эльзивири, что у нее готовы к печатанию эти мои произведения и что я должен принять решение относительно посвящения их кому-либо и срочно послать ей текст такового посвящения. Взволнованный такой неожиданной и радостной вестью, я вывел из нее заключение, что желание Ваше поддержать меня и распространить мою известность, так же как и участие, принимаемое Вами в моих сочинениях, явились причиною того, что последние попали в руки означенной фирмы, уже печатавшей другие мои работы и почтившей меня выпуском их в свет в прекрасном и богатом издании. Таким образом были вызваны к жизни эти мои сочинения, заслуживающие одобрения со стороны Вас, высокого судьи, коего таланты и несравненное благородство служат предметом всеобщего удивления. В стремлении к общей пользе Вы решили, что эти сочинения должны быть опубликованы и тем способствовать распростра-

нению моей известности. При таком положении мне казалось необходимым дать какое-либо наглядное доказательство глубокой моей благодарности Вам за благородный поступок, который увеличивает мою славу, давая ей возможность свободно распространяться по всему свету, тогда как мне казалось достаточным, чтобы она сохранялась в более тесных кругах. Поэтому Вашему имени, досточтимый синьор, да будет посвящено мое сочинение; сделать это побуждает меня не только сознание всего того, чем я Вам обязан, но и готовность Ваша, да позволено мне будет так выразиться, защищать мою репутацию ото всех, желающих запятнать ее. Вы опять воодушевили меня на борьбу с моими противниками. Вот почему я подвигаюсь вперед под Вашим знаменем и отдаюсь под Вашу защиту, преисполненный благодарности за Ваше расположение, с пожеланием Вам всей возможной полноты счастья и благополучия.

Арчетри, 6 марта 1638 г.

Читателям от издателей

Гражданская жизнь поддерживается путем общей и взаимной помощи, оказываемой друг другу людьми, пользующимися при этом, главным образом, теми средствами, которые предоставляют им искусства и науки. Поэтому созидатели последних со времен глубокой древности всегда пользовались общим почетом и уважением; и чем более поразительным или полезным представлялось людям изобретение, тем бо́льшая хвала и честь воздавались изобретателю, вплоть до его обожествления (таким путем люди по общему соглашению стремились воздать наивысшие почести и увековечить память того, кто создал их благосостояние). Наравне с этим достойны похвалы и удивления также и те люди, которые благодаря остроте своего ума внесли изменения в вещи уже известные, открыли неправильность или ошибочность положений, поддерживаемых многими учеными и почитаемых благодаря этому повсеместно за правду, причем такие открытия достойны похвалы даже тогда, когда они только устраняют ложь, не ставя на место ее истины, которая сама по себе столь трудно поддается установлению, в согласии с принципом ораторов: «Utinam tam facila possem vera reperire, quam falsa convincera» [1]. Похвал такого рода особенно заслуживают наши исследователи последних столетий, в течение которых искусства и науки, доставшиеся нам от древних, доведены до высокой степени совершенства и все продолжают совершенствоваться благодаря трудам проницательных умов, создающих многочисленные доказательства и опыты. В особенности это имеет место в отношении наук математических, в которых (если не касаться многих других областей знания, с честью и успе-

---

[1] «Если бы возможно было установить истину столь же легко, как искоренять ложь!». (*Лат.*)

хом подвизавшихся на том же поприще) одно из первых мест принадлежит по общему признанию всех следующих лиц нашему синьору Галилео Галилею, академику Линчео. Последний, с одной стороны, показал несостоятельность многих теорий, касающихся разнообразных предметов, подтвердив свои доводы опытами (многочисленные примеры чему имеются в изданных уже его сочинениях), с другой — при посредстве телескопа (хотя и изобретенного ранее, но доведенного им до большего совершенства) открыл и ранее всех других опубликовал сведения о четырех звездах — спутниках Юпитера, правильном и точном строении Млечного пути, солнечных пятнах, возвышенностях и темных частях Луны, тройственном строении Сатурна, фазах Венеры, свойствах и строении комет,— о чем не знал никто из астрономов и философов древности. Можно сказать поэтому, что он представил всему свету астрономию в новом блеске и что блеск этот (поскольку в небесах и телах небесных с большей очевидностью, нежели во всем остальном, выявляются мудрость и благость всевышнего творца) свидетельствует о размере заслуг того, кто расширил наше познание и показал столько нового и замечательного в отношении небесных тел, несмотря на их отдаленность от нас, граничащую с бесконечностью; ибо наглядность, говоря обыденным языком, в один день научает нас с большей легкостью и прочностью тому, чему не могут научить правила, повторяемые хотя бы тысячу раз, так как собственное наблюдение (как выражаются некоторые) идет здесь рука об руку с теоретическим определением. Но еще более выделяются благость и мудрость божества и природы в настоящем сочинении (плоде многих трудов и бдений), из которых явствует, что автор открыл две новые науки и доказал наглядно-геометрически их принципы и основания. Что́ должно сделать это сочинение еще более достойным удивления, это то, что одна из наук касается предмета вечного, имеющего первенствующее значение в природе, обсуждавшегося великими философами и изложенного во множестве уже написанных томов, короче сказать, движения падающих тел — предмета, по поводу которого автором изложено множество удивительных случаев, до сего времени остававшихся никем не открытыми или не доказанными. Другая наука, также развитая из основных ее принципов, касается сопротивления, оказываемого твердыми телами силе, стремящейся их сломить, и также изобилует примерами и предположениями, оставшимися до сих пор никем не замеченными; познания такого рода весьма полезны в науке и искусстве механики. Настоящим сочинением мы лишь открываем двери к этим двум новым наукам, изобилующим положениями, которые в дальнейшем могут быть без конца развиваемы позднейшими исследованиями и которые сопровождаются немалым числом дополнительных предложений, доказанных, но передаваемых незаконченными для дальнейшего развития их другими, как это легко заметят и признают все сведущие люди.

КЕПЛЕР

(1571—1630)

Беспокойная, полная скитаний по Центральной Европе жизнь Иоганна Кеплера началась в Вюртемберге. Родители его, обедневшие дворяне, были протестантами. Отец, наемный солдат, по-видимому, мало уделял времени дому, и мать ученого, дочь бургомистра, играла основную роль в начальном воспитании Иоганна.

Кеплер окончил Тюбингенский университет, где он в 1593 г. получил степень магистра богословия. Рано познакомившись с математикой и астрономией, Кеплер после долгих сомнений принял приглашение преподавать эти науки в Граце; там же была написана его первая книга «Космографическая тайна», привлекшая внимание Галилея и Тихо Браге к ее молодому автору. Вскоре преследования со стороны католиков заставили Кеплера переехать в Прагу, где он стал вычислителем у Тихо Браге.

Браге поручил Кеплеру обработку его многолетних визуальных наблюдений Марса. Именно на основании детального анализа движений Марса, когда учитывались расхождения расчетов и наблюдений всего на несколько дуговых минут, Кеплер установил первые два закона планетных движений. Эти законы были изложены в книге «Новая астрономия», опубликованной в 1609 г. в Праге. Кеплер также занимал-

ся оптикой и указал комбинацию линз, лежащую в основе общеупотребительного теперь кеплерова телескопа. В 1601 г. Тихо Браге умер, и Кеплер занял его место математика в своеобразном астролого-астрономическом институте, учрежденном при дворе императора Рудольфа II.

В 1597 г. Кеплер женился, но через 13 лет он овдовел; умер и его сын. В это же время пражский престол захватил брат Рудольфа, Матвей. Кеплер вынужден был переехать в Линц, где он женился на дочери виноторговца. К этому времени относится его небольшой трактат «О стереометрии винных бочек, преимущественно австрийских и имеющих наивыгоднейшую форму», труд, предвосхитивший многие результаты интегрального исчисления. В это же время Кеплеру пришлось выступить в защиту матери, обвиненной в колдовстве; ему с трудом и с немалым риском для себя удалось спасти ее от пыток и казни как ведьмы на костре.

В 1618 г. Кеплер опубликовал книгу «Гармония Мира, геометрическая, архитектоническая, гармоническая, психологическая, астрономическая с приложением, содержащим космографическую тайну, в пяти книгах». В этом удивительном сочинении, полном фантазии и мистики, перекликающемся с его первой книгой, Кеплер вновь обратился к поискам скрытых пропорций и законов симметрии, управляющих миром. В числе законов, из которых все остальные уже давно забыты, Кеплером было указано на пропорциональность квадратов периодов обращения планет по орбитам кубам их средних расстояний от Солнца. Теперь эта связь известна как третий закон Кеплера.

Многое в мышлении Кеплера напоминает нам мотивы современной теоретической физики. Действительно, нет ли прямой связи между кеплеровскими поисками законов гармонии мира и тем направлением в физике, где наиболее общие законы природы мы отождествляем с законами инвариантности и симметрии. Недаром Эйнштейн так высоко ценил Кеплера.

Начавшаяся 30-летняя война и усилившиеся гонения на протестантов, нерегулярная выплата содержания — все это крайне осложнило жизнь Кеплера. Тем не менее он не принял заманчивого приглашения в Лондон от Якова I. Кеплер переехал в Ульм, где, наконец, закончил свои «Рудольфовы таблицы» движения планет. В конце жизни Кеплер стал придворным астрономом и астрологом полководца Валленштейна, но, едва успев приступить к своим обязанностям, умер в Регенсбурге.

Мы приводим предисловие к его главному сочинению «Новая астрономия», посвященному Рудольфу II. Кеплер в этом предисловии, сопоставляя выводы астрономии с некоторыми местами Св. Писания, указывает на то, что библейский текст следует рассматривать как образное описание явлений природы; тем не менее «Новая Астрономия» была незамедлительно внесена Ватиканом в «Индекс» — список запрещенных книг.

НОВАЯ АСТРОНОМИЯ,

ОСНОВАННАЯ НА ПРИЧИНАХ, ИЛИ ФИЗИКА НЕБА, ПРЕДСТАВЛЕННАЯ ИССЛЕДОВАНИЯМИ ДВИЖЕНИЯ ЗВЕЗДЫ МАРС СОГЛАСНО НАБЛЮДЕНИЯМ ДВОРЯНИНА ТИХО БРАГЕ

Введение в это сочинение

В настоящее время крайне тяжела участь тех, кто пишет математические, особенно же астрономические книги. Если не соблюдается необходимая строгость в терминах, пояснениях, доказательствах и выводах, то книга не будет математической. Если же строгость соблюдена, то чтение книги становится очень утомительным, особенно по-латыни, которая лишена прелести, свойственной греческой письменной речи. Поэтому сейчас очень редко встретишь подходящих читателей; большинство же предпочитает вообще уклоняться от чтения. Много ли можно найти математиков, взявших на себя труд целиком прочесть «Конические сечения» Аполлония Пергамского? Однако этот материал, благодаря рисункам и линиям, воспринимается гораздо легче, чем астрономический.

Сам я отношу себя к математикам, но при повторном чтении моего труда, воспроизводя в уме смысл доказательств, некогда вложенный мною самим в рисунки и текст, я испытываю напряжение всех умственных сил. Если же стремиться облегчить понимание материала, вставляя туда и сюда перифразы, то в математических вопросах это представляется мне болтовней, и поступать так — значит совершать ошибку противоположного характера.

Действительно, пространное изложение также затрудняет понимание, причем не в меньшей степени, чем краткое и сжатое. Последнее ускользает от глаз разума, первое — отвлекает их. Здесь — недостаток света, там — избыток блеска; здесь глаз ничего не воспринимает, там он ослеплен.

Поэтому я принял решение: насколько можно, облегчить читателю понимание этого труда, предпослав ему подробное введение.

Я достигаю этого двояким образом. Прежде всего я привожу таблицу, где дан *обзор* всех глав книги. Поскольку предмет книги многим читателям незнаком и различные специальные термины, равно как различные разбираемые в этой книге вопросы, похожи друг на друга и вместе с тем тесно связаны друг с другом как в целом, так и в деталях, эта таблица, по моему мнению, лишь тогда будет полезной, когда можно будет, сопоставляя все термины и все вопросы, охватить их одним взглядом и уяснить их путем взаимного сравнения. Например, в двух местах, а именно в III и IV частях, я рассматриваю естественные причины, незнание которых побудило древних ввести эквант (уравнивающую точку). Читатель, дошедший до III части, может подумать,

что я рассматриваю вопрос о первом неравенстве, относящемся к движению отдельных планет. Однако этот вопрос обсуждается впервые только в IV части; в третьей же части я занимаюсь эквантом, вызванным вторым неравенством,— общим для всех планет изменением движения и определяющим главным образом теорию Солнца. Обзорная таблица помогает разобраться в этом.

Но и эта обзорная таблица не у всех будет иметь одинаковый успех. Многим эта таблица, которую я вручаю как путеводную нить для ориентировки в лабиринте моего труда, покажется запутаннее гордиева узла. Для них здесь, в начале, в суммарном виде сопоставлено многое из того, что при беглом чтении нелегко заметить, поскольку оно частично рассеяно по всему моему труду. В особенности для тех, которые считают себя физиками и укоряют меня, а еще больше Коперника и заодно самых древних авторов, утверждавших, что Земля движется, в потрясении основ наук; для них я тщательно перечислю относящиеся сюда положения главных разделов, с тем, чтобы собрать перед глазами доказательства, на которых основываются мои выводы, столь ненавистные для них.

Когда они увидят, что это выполнено надежно, они могут на выбор либо взять на себя тяжкий труд самим прочесть и изучить доказательства, либо поверить, что я, профессиональный математик, правильно применил чистый, геометрический метод. В этом случае они могут, в соответствии с поставленной ими задачей, обратиться к предложенным здесь основам доказательств и детально их испытать, памятуя, что построенные на них доказательства будут несостоятельны, если удастся опрокинуть эти основы. Таким же образом я поступаю, когда смешиваю, как это обычно бывает у физиков, возможное с несомненным и на этой смеси строю вероятное заключение. Так как в этом труде я соединяю небесную физику с астрономией, то неудивительно, что возникает много предположительных суждений. Это лежит в природе физики, медицины и других наук, в которых наряду с очевидными, достоверными фактами используются также априорные предположения.

Как должно быть известно читателю, существуют две школы астрономов. Одна из них возглавляется Птолемеем и называется старой школой; другая считается новой, хотя она весьма стара. Первая рассматривает каждую планету в отдельности, саму по себе, и для каждой дает причины движения по ее собственному пути. Вторая сравнивает планеты между собой и выводит то, что в их движениях оказывается общим, из одной и той же общей причины. Последняя школа не является единой. Так, Коперник и древний Аристарх, к которым присоединяюсь и я, полагают, что причиной кажущегося покоя и попятного движения планет является движение Земли — нашего местожительства, в то время как Тихо Браге ищет эту причину в Солнце, вблизи которого, согласно его предположению, эксцентрические круги всех пяти планет связаны как бы в узел (конечно, не материальный, но имеющий

количественный смысл), и этот узел он, так сказать, заставляет вместе с Солнцем обращаться вокруг неподвижной Земли.

Эти три воззрения на мир имеют и другие особенности, также отличающие эти школы. Однако эти отдельные особые свойства легко так изменить и улучшить, что все три главных воззрения на астрономию, или небесные явления, станут практически равноценными и сведутся к одному и тому же.

Замысел моего труда заключается прежде всего в том, чтобы улучшить астрономические знания во всех трех формах, особенно в отношении движения Марса, в частности, достигнуть согласия значений, вычисленных из таблиц, с небесными явлениями, что до сих пор нельзя было сделать с достаточной точностью. Например, в августе 1608 года Марс отстоял от места, определяемого вычислением по Прусским таблицам небесных движений, почти на 4°. В августе и сентябре 1653 года эта ошибка, полностью устраненная в моих вычислениях, выросла почти до 5°.

Поставив себе такую цель и успешно достигнув ее, я перехожу к аристотелевой метафизике или, точнее, к *небесной физике* и исследую естественные причины движений. На основании этого рассмотрения с совершенной ясностью доказывается истинность коперниканского учения (с небольшими изменениями), ложность двух других и т. д.

Все части моего труда связаны, сплетены и смешаны друг с другом. Я пробовал много путей — как проложенных древними, так и теми, которые я исправил по их образцу,— чтобы достичь улучшения метода астрономических расчетов. Однако к цели привел только один путь, который направлен как раз к установленным мною физическим причинам.

Первый шаг к исследованию *физических* причин состоял в доказательстве того, что упомянутая выше общая точка эксцентров не является некоей точкой в окрестности Солнца, а центром самого Солнца, таким образом, это не та точка, которую предполагали Коперник и Браге.

Если ввести это уточнение в птолемееву систему, то, согласно Птолемею, приходится в качестве предмета исследования взять не движение центра эпицикла, вокруг которого равномерно движется эпицикл, а движение другой точки, которая удалена от центра на такую же часть диаметра, на какую, согласно Птолемею, центр солнечной орбиты удален от Земли, и которая лежит на той же или на параллельной линии.

Приверженцы Браге могут меня упрекнуть в безрассудном новшестве; они же, оставаясь при всеми принятых воззрениях древних и взяв точку пересечения эксцентров не в Солнце, а вблизи него, на этой основе могли бы предложить способ вычисления, соответствующий небесному ходу. Птолемей мог бы мне сказать, что при учете численных данных Тихо его гипотеза соответствует результатам наблюдений, если принимать во внимание только эксцентр, описываемый центром эпицикла, по которому происходит равномерное обращение. Поэтому в своих

действиях я должен соблюдать осторожность; иначе я со своим новым способом вычисления не достигну того, что уже достигается старым способом.

Чтобы отвести это возражение, в первой части труда показано, что новый способ вычисления позволяет получить то же самое, что и старый.

Во второй части я приступаю к главному; а именно, я воспроизвожу по моему методу положение Марса при его противостоянии истинному Солнцу не хуже, а даже лучше, чем другие авторы по старому методу получают положения Марса, противостоящего среднему Солнцу.

В то же время я во всей второй части оставляю нерешенным (что касается геометрических доказательств на основе наблюдений) вопрос о том, кто более прав, *они* или *я*. Однако я частично доказал в первой части, особенно в гл. 6, что в случаях, когда мы одинаковым образом удовлетворим требованиям определенных наблюдений (которые для наших построений суть путеводные нити), мой метод соответствует физическим причинам, а их метод — нет.

И только в четвертой части, в гл. 52, я весьма обстоятельно доказал (с помощью наблюдений, столь же безошибочных, как и прежние, которым старый метод не удовлетворяет, а мой удовлетворяет наилучшим образом), что положение эксцентра Марса таково, что именно центр Солнца, а не какая-либо точка в его окрестности, лежит на линии апсид и что все эксцентры, следовательно, пересекаются в *Солнце*.

Чтобы установить это не только в отношении долготы, но также и в отношении широты, я провел в пятой части, в гл. 67, аналогичное доказательство, основываясь на широтных наблюдениях.

В моем труде этого нельзя было доказать ранее, поскольку в эти астрономические доказательства необходимо входит точное знание причин второго неравенства в движении планет. Для этого сначала в третьей части аналогичным образом надо было открыть нечто новое, неизвестное моим предшественникам, и т. д.

Именно в третьей части я доказал, что как в случае правильности так называемого старого метода, использующего среднее движение Солнца, так и в случае правильности моего нового метода, использующего истинное движение Солнца, ко второму неравенству, относящемуся ко всем планетам вообще, примешивается нечто от причин первого неравенства. Отсюда я показываю Птолемею, что его эпициклы в качестве центров имеют не те точки, вокруг которых их движение происходит равномерно. Также я показываю Конернику, что круг, по которому движется Земля вокруг Солнца, имеет в качестве центра не ту точку, вокруг которой ее движение регулярно и равномерно. И таким же образом я показываю Тихо Браге, что круг, по которому вышеупомянутая точка пересечения (или узел) обегает эксцентр, имеет в качестве центра не ту точку, вокруг которой это движение происходит регулярно и равномерно. Действительно, если я уступлю Браге в том, что точка

пересечения эксцентров не совпадает с центром Солнца, то он непременно должен будет сказать, что обращение этой точки пересечения, по величине и времени совпадающей с *Солнцем,* эксцентрично и смещено к Козерогу, в то время как эксцентрическое обращение Солнца смещено к Раку. То же было бы с эпициклами Птолемея.

Далее я показываю, что если поместить точку пересечения или узел эксцентров в самом центре Солнца, то общая орбита названного узла и Солнца эксцентрична относительно Земли и смещена к Раку; но этот эксцентриситет составляет только половину эксцентриситета точки, вокруг которой Солнце движется регулярно и равномерно.

Хотя, согласно Копернику, эксцентр Земли также смещен к Козерогу, но только на половину эксцентриситета, который определяет смещение (также к Козерогу) той точки, вокруг которой Земля движется равномерно.

Точно так же, как я доказал, на эпициклических диаметрах, простирающихся от Козерога к Раку, лежат, согласно Птолемею, три точки, из которых обе крайние одинаково удалены от средней, а расстояние между ними относится к диаметру эпицикла, как полный эксцентриситет Солнца относится к диаметру его орбиты. Из этих трех точек средняя всегда есть центр эпицикла, смещенная к Раку — точка, вокруг которой эпицикл движется равномерно, и, наконец, смещенная к Козерогу — точка, описывающая эксцентр, который мы ищем, когда *следим за истинным движением Солнца вместо среднего*, так что в этой точке эпицикл как бы прикреплен к эксцентру. Так, в эпицикле каждой планеты содержится вся *теория Солнца*, со всеми особенностями его орбиты и движения.

После того, как все это доказано безошибочным методом, тем самым обеспечена первая ступень физического обоснования и в то же время совершенно ясно возведена новая ступень в обосновании воззрений Коперника и Браге, но не птолемеевых, которые, напротив, стали более неясными и лишь вероятными.

Что бы ни двигалось, Земля или Солнце, в любом случае твердо доказано, что движущееся тело движется неравномерным образом, а именно медленно, когда оно далеко от покоящегося тела, и быстро, когда оно близко к покоящемуся телу.

Здесь обнаруживается сразу различие трех учений в физическом отношении, правда, путем предположений, но таких, надежность которых ничем не уступает предположениям врачей о функциях частей тела и другим физическим предположениям.

Первым выбывает из игры Птолемей. Кто поверит в существование стольких (вполне похожих друг на друга, даже тождественных) теорий Солнца, сколько имеется планет, когда видно, что Браге достигает той же цели с помощью единственной теории Солнца? Действительно, в физике есть общепринятая аксиома: Природа тратит как можно меньше средств.

Превосходство Коперника над Браге[1] в отношении физики неба подтверждается многими основаниями.

Прежде всего Браге устранил эти пять теорий Солнца из планетных теорий, спрятал их у центров эпицентров, объединил и сплавил друг с другом. Положение вещей, соответствующее этим теориям, он, однако, оставил как есть. Действительно, согласно Браге, как и согласно Птолемею, каждая планета не только совершает собственное движение, но также в действительности движется вместе с Солнцем; оба движения соединяются в одно, и из этого возникают петлеобразные движения. Это происходит потому, что, как твердо установил Браге, не существует постоянных орбит. Но Коперник освободил пять планет от чуждого им движения и свел причину обманчивой видимости к изменениям положения точки наблюдения. Таким образом, у Браге, как раньше у Птолемея, движения были без нужды многообразными.

Если же нет постоянных орбит, то движущие силы разума или души оказываются в действительно незавидном положении, поскольку от них требуется принимать во внимание множество обстоятельств, чтобы заставить планеты выполнять смешанное движение. Их принуждают меньше всего, одновременно и раз навсегда задавая начальные точки, центры и периоды обращения. Если же, однако, Земля движется, то, как я доказываю, движение в большей своей части может быть вызвано не одушевленными, а материальными, разумеется, магнитными силами. Сказанное слишком общо; из доказательств, на которых мы остановимся подробнее, следует несколько иная картина.

Если движется именно Земля, то доказано, что закон ускорения или замедления ее бега определяется мерой ее приближения к Солнцу или ее удаления от него. У других планет имеет место то же явление: в соответствии с их бо́льшим или меньшим удалением от Солнца они разгоняются или тормозятся. Доказательство этого, таким образом, чисто геометрическое.

Из этого вполне надежного доказательства делается физический вывод, что источник движения пяти планет лежит в *Солнце*. Отсюда весьма вероятно, что источник движения Земли лежит там же, где находится источник движения других пяти планет, т. е. также в *Солнце*. Отсюда весьма вероятно, что и Земля движется, поскольку обнаружилась вероятная причина ее движения.

С другой стороны, неподвижное положение Солнца в центре мира возможно главным образом потому, что в нем находится источник движения по крайней мере пяти планет. Будем ли мы следовать Копернику или Браге, в обоих случаях в *Солнце* находится источник движения пяти планет, по Копернику также и шестой — Земли. Более вероятно считать, что источник всех движений покоится, а не движется.

---

[1] Я считаю своим долгом с благодарностью чтить его память и отметить здесь, что все свое сооружение я возвожу на его земле, заимствуя у него материал.

Если мы, однако, будем следовать воззрениям Браге и будем считать Солнце движущимся, то прежде всего остается доказанным, что оно движется медленно, когда оно удалено от Земли, и быстро, когда оно приближается к ней, и притом это нам не кажется, а происходит в действительности. Именно в этом проявляется действие уравнительного круга, введенного мною по явной необходимости в теорию Солнца.

На этом вполне строго доказанном результате я мог бы тотчас, следуя вышеупомянутому физическому предположению, построить следующий физический тезис: Солнце вместе со всем своим тяжким грузом из пяти эксцентров (я выражаюсь намеренно резко) приводится в движение Землей, или источник движения Солнца и связанных с ним пяти эксцентров находится в Земле.

Теперь посмотрите на оба небесных тела — на Солнце и на Землю и составьте себе мнение о том, какое из них скорее всего подходит в качестве источника движения другого: Солнце ли, движущее другие пять планет, движет Землю, или же Земля движет Солнце, движитель других и во много раз бо́льших, чем она? Чтобы не считать Солнце движимым Землей, что бессмысленно, приходится приписывать Солнцу покой, а Земле — движение.

Что можно сказать о времени обращения, равном 365 дням? Оно по своей величине лежит между временами обращения Марса (687 дней) и Венеры (225 дней). Разве здесь природа не подтверждает во весь голос, что обращение, для которого требуются эти 365 дней, лежит как раз между обращениями Марса и Венеры вокруг Солнца, и потому происходит вокруг Солнца? Таким образом, это — обращение Земли вокруг Солнца, а не Солнца вокруг Земли. Однако это относится больше к моей книге «Mysterium Cosmographicum» («Космографическая тайна»), и здесь мы приводим лишь те доказательства, которые разработаны в данном труде.

Другие метафизические аргументы в пользу того, что Солнце является центром мира, относящиеся к выдающемуся значению этого светила или к его свету, можно найти в моей вышеупомянутой книжке или у Коперника, кое-что также у Аристотеля во 2-й книге о небе, со ссылкой на пифагорейцев, понимавших под «огнем» Солнце. Коечего я касаюсь в гл. 1 книги «Оптика в астрономии» (стр. 7); сравни также гл. 6, особенно стр. 225.

Метафизическое обоснование того, что Земле подобает обращаться вокруг центра мира, можно найти в гл. 9, на стр. 322 этой книги.

Я надеюсь, что читатель мне простит, если я уже здесь опровергаю некоторые возражения, смущающие умы и лишающие доказательства их убедительной силы. Эти соображения не слишком далеки от приведенных в моем труде, особенно в третьей и четвертой его частях, соображений о физических причинах планетных движений.

Рассуждения о движении тяжелого тела мешают многим поверить в движение Земли (одушевленное, или лучше магнитное). Им следовало бы взвесить следующие положения:

Математическая точка, пусть даже центральная точка мира, не может сдвинуть тяжелое тело и притянуть к себе — ни под воздействием, ни сама по себе. Пусть физики докажут, что такая сила есть в точке, которая не телесна и определяется лишь относительно.

Невозможно, чтобы камень стремился двигаться к математической точке или к центру мира, независимо от тела, расположенного в этой точке. Пусть физики докажут, что в природе есть предметы, тяготеющие к тому, что есть ничто.

И также не потому стремится тяжелое тело к центру мира, что оно бежит от границ шарообразного мира. Ибо мера его уклонения от центра мира незаметна и ничтожна по сравнению с расстоянием до границ мира. И в чем причина этой ненависти? Какой силой, какой мудростью должна быть вооружена тяжесть, чтобы с такой точностью убегать от врага, расположившегося кругом? Или как велика должна быть ловкость и точность, с которой внешние границы мира так тщательно преследуют своего врага?

Тяжелое тело также не увлекается, как водоворотом, вращением первого движителя, расположенного в центре. Ибо если даже мы предположим, что такое вращение существует, то оно не распространяется на внешние области; в противном случае мы ощущали бы его и были бы им увлечены и с нами Земля, или скорее сначала бы сорвало с места нас, а потом — Землю. Все это, даже для моих противников — нелепые выводы. Отсюда ясно, что принятое учение о тяжести ошибочно.

Истинное учение о тяжести опирается на следующие аксиомы (см. «Mysterium Cosmographicum»):

Каждая телесная субстанция, поскольку она телесна, от природы склонна покоиться в том месте, где она находится одна, вне сферы действия сил со стороны родственного тела.

Тяжесть состоит во взаимном телесном стремлении двух родственных тел к соединению или связи (такой же характер имеет и магнитная сила), так что Земля гораздо больше притягивает камень, чем камень стремится к Земле.

Тяжелое тело падает (в частности, если мы поместим Землю в центр мира) не к центру мира как таковому, а к центру родственного круглого тела, а именно Земли. Куда бы ни была помещена Земля и куда бы ни переносилась в силу своей живой способности, всегда тяжелое тело стремится к ней.

Если бы Земля не была круглой, то тяжелое тело не падало бы всюду прямолинейно к центру Земли, а падало бы с различных сторон к различным точкам.

Если два камня переместить в произвольное место мира близко друг к другу и вне области действия третьего родственного тела, то эти камни, подобно двум магнитным телам, соединятся в промежуточной точке, причем один из них приближается к другому на расстояние, пропорциональное массе другого.

Если бы Луна и Земля не удерживались на своих орбитах живой или какой-то другой эквивалентной силой, то Земля поднялась бы к Луне на $^1/_{54}$ часть расстояния между ними, а Луна спустилась бы к Земле на 53 части этого расстояния; там бы они и соединились. При этом предполагается, что вещество обоих тел имеет одинаковую плотность.

Если бы Земля перестала притягивать к себе воды, то вся морская вода поднялась бы наверх и потекла бы на Луну.

Область притягивающей силы Луны простирается до Земли и увлекает воду в тропический пояс, где вода вздымается к Луне, достигшей зенита; правда, это незаметно в замкнутых морях и заметно там, где морские просторы широки и воды располагают большим пространством, в котором и разыгрываются приливы и отливы. Это ведет к тому, что оголяется побережье в умеренных поясах, а также в тех местах тропического пояса, где берег образует вытянутые заливы, близкие к морю. Отсюда вполне возможно, что при поднятии воды в более широких морских бассейнах она как бы бежит от Луны в прилегающих более узких заливах, если они не слишком плотно закрыты; она понижается, поскольку снаружи перемещается большая масса воды.

Так как Луна быстро проходит через зенит, а массы воды не могут так быстро следовать за ней, то в тропическом поясе возникает в западном направлении морское течение, которое наталкивается на противостоящее побережье, как на запруду. Когда же Луна удаляется, скопление вод или приливная масса, направляющаяся в тропический пояс, растекается, так как отпадает тяга, приведшая массу в движение. Будучи поднята, эта масса течет, как в сосудах с водой, назад, берет приступом собственные берега и заливает их. Так как Луны нет, то этот подъем порождает следующий, до тех пор, пока не появится Луна, которая снова берет подъем за поводок, взнуздывает его и ведет за собой в соответствии со своим собственным движением. Таким образом, все берега, одинаково открытые, заливаются в один и тот же час; отступившие дальше — заливаются позже, те и другие различным образом вследствие того, что море имеет к ним различный доступ.

Замечу между прочим, что таким путем образуются сирты или кучи песка; возникают и исчезают в крутящихся вихрях бесчисленные островки (как перед Мексиканским заливом). Кажется также, что рыхлая, плодородная и рассыпчатая почва Индии в конце концов, из-за постоянных течений и наводнений, стала изрытой и сквозной, чему могли способствовать также постоянные подземные толчки. Ибо известно, что от золотого Херсонеса к востоку и югу непрерывно простиралась суша. Сюда вступило море, находившееся дальше — между Китаем и Америкой. Берега Молуккских и других соседних островов, выступивших после опускания поверхности моря, подтверждают правдоподобность этого.

При этом, по-видимому, погибла и Тапробана (во всяком случае, твердо установлено, что жители Калькутты сообщили, что там также опустилась суша), когда Китайское море проломило ворота и излилось в

Индийский океан, так что сегодня от Тапробаны остались только горные вершины, образующие группу Мальвидских островов. С помощью космографов и Диодора Сицилийского легко доказать, что именно здесь, против устья Инда и к югу от предгорий Корума, некогда находилась Тапробана. В истории церкви сообщается также, что один и тот же человек одновременно был епископом Аравии и Тапробаны, которая безусловно была расположена поблизости, а не на 500 немецких миль к востоку (или, согласно принятому в то время преувеличению, более чем на тысячу миль). Остров Суматру, который в настоящее время принимают за Тапробану, я считаю золотым Херсонесом, который около города Малакки был соединен с Индией узкой полосой суши. Ибо Херсонес, который мы сегодня считаем золотым, заслуживает это название в столь же малой степени, как Италия.

Хотя это и выходит за рамки изложенного, я позволю себе в связи с этим привести доводы, долженствующие увеличить доверие читателей к морским приливам и через них — к притягательной силе Луны.

Именно, если сила притяжения Луны простирается до Земли, то отсюда следует, что в той же степени сила притяжения Земли простирается до Луны и выше и что, далее, ни одна вещь, состоящая из земного вещества и поднятая на высоту, не может избежать могучих объятий этой силы притяжения.

Ни одна вещь, однако, состоящая из телесного вещества, не может быть абсолютно легкой; напротив того, относительно более легким является то, что по своей природе или вследствие случайного нагревания тоньше. Таким я называю не только пористое тело со многими зияющими полостями, но и в общем случае то, что в том же пространственном объеме, занятом каким-нибудь тяжелым телом, заключает меньшее количество телесного вещества.

Из определения легкого тела следует его движение. Так, нельзя считать, что, подымаясь, оно удаляется до границы мира или что оно не притягивается Землей; ибо оно притягивается, но меньше, чем тяжелое, и, вытесненное тяжелым, покоится и удерживается Землей на своем месте.

Но поскольку сила притяжения Земли, как говорилось, простирается далеко вверх, то на самом деле камень, удаленный на расстояние, которое сравнимо с диаметром Земли, не будет успевать за ней, если она движется. Напротив, он будет смешивать силы своего сопротивления с силами притяжения Земли, подобно тому, как насильственное движение слегка освобождает снаряды от притяжения Земли: они опережают движение Земли, если ими выстрелили к востоку, и отстают, если — к западу. Таким образом, они покидают место выстрела вследствие приложения силы, и притяжение Земли не может полностью воспрепятствовать действию этого усилия, пока длится вызванное им движение.

Однако снаряд не удаляется от земной поверхности более чем на одну стотысячную часть диаметра Земли, и даже дым и газы, содержащие всего меньше земного вещества, подымаются в высоту не более чем на одну тысячную часть радиуса Земли. Отсюда видно, что сила сопротивления газов, дыма и вертикально вверх выстреленного тела не могут, равно как их естественное предрасположение к покою, воспрепятствовать действующему на них усилию, так как сила сопротивления не находится в каком-либо отношении к этому усилию. Так, тело, брошенное вертикально вверх, падает на то же место, и движение Земли этому не мешает; она не может быть вытащена из-под тела, а увлекает за собой летящие в воздухе тела, поскольку они сцеплены с нею магнитной силой, как если бы Земля касалась этих тел.

Если понять и тщательно взвесить эти положения, то не только видна несостоятельность бессмысленного и неправильного представления о физической невозможности движения Земли, но и становится ясным, как отвечать на различные физические возражения.

Коперник предпочитает считать, что Земля и все земное, хотя бы и отдаленное от Земли, образуется одной и той же движущей душой, которая одновременно вращает как Землю, так и оторванные от ее тела частицы. Сообразно этому, насильственные движения совершают насилие над этой душой, распространяющейся на все частицы, подобно тому, как я утверждаю, что насильственные движения совершают насилие над телесной силой (которую мы называем тяжестью или магнитной силой).

Для оторвавшихся частиц достаточна тем не менее эта материальная сила, а одушевленная — излишня.

Хотя многие крайне опасаются, что скорость этого движения будет влиять на них и на все земные создания, для этого нет никаких оснований. (Ср. об этом гл. 15 и 16 моей книги «О звезде в созвездии Змееносца».)

Там же можно найти подробности о том, как Земля на всех парусах несется по своей огромной орбите, чудовищная величина которой обычно выдвигается как возражения Копернику. Показано, что именно это вполне соответствует обстоятельствам, в то время как скорость неба не соответствует обстоятельствам и была бы чудовищной, если бы Земля покоилась на своем месте совершенно неподвижно.

Еще более многочисленны те, которым мешает согласиться с Коперником набожность, поскольку они, утверждая, что Земля движется и Солнце покоится, боятся упрекнуть во лжи говорящего в Писании Св. Духа.

Этим надлежит подумать о следующем: так как наиболее многочисленные и важные сведения мы воспринимаем зрительно, мы не можем отделить нашу речь от зрительных впечатлений. И вот каждодневно мы большей частью говорим, следуя нашим зрительным впечатлениям, хотя мы хорошо знаем, что на самом деле это не так. Примером этого служит стих Вергилия «Энеида»: «Вышли из гавани мы, удаляются грады

и веси» [III, 72]. Также говорим мы, выходя из узкой долины, что нам открывается широкое, вольное поле. Таким же образом сказал Христос Петру: «Плыви в высокое (открытое) море», как будто море выше берега [1]. Глаз получает такое впечатление, и оптики объясняют причины этого обмана зрения. Христос употребил совершенно обычное выражение, происходящие из этого обмана. Мы говорим так же фигурально о восходе и заходе созвездий, т. е. о подъеме и снижении; когда мы говорим, что Солнце восходит, другие говорят, что оно заходит (см. гл. 10 «Оптики в астрономии», стр. 327). Так, до сих пор приверженцы Птолемея говорят, что планеты покоятся, если они несколько дней подряд кажутся находящимися у тех же неподвижных звезд, хотя они считают, что планеты в это время на самом деле движутся прямо к Земле или от нее. Множество писателей говорят также о солнцестоянии, хотя они отрицают, что в действительности Солнце неподвижно. Вряд ли найдется такой яростный приверженец Коперника, который не скажет, что Солнце вступает в созвездие Рака или Льва, понимая под этим, что Земля вступает в созвездие Девы или Водолея. И так далее.

Так вот, Св. Писание говорит об обычных вещах (не имея намерения поучать людей) на человеческом языке, чтобы быть ими понятым; оно употребляет выражения, принятые у людей, чтобы им возвестить божественное откровение.

Разве удивительно, что Писание говорит соответственно человеческому восприятию, если действительное положение вещей, знают об этом люди или нет, противоречит восприятию? И кто не знает, что в 19-м псалме имеется поэтическая аллегория? Там Солнце олицетворяет событие Евангелия и, в частности, в образе Солнца воспеты странствия Спасителя и Господа нашего, Иисуса Христа; при этом сказано, что Солнце выходит из своего шатра на горизонте, как жених из брачного чертога, радуясь, как гигант, пробежать свой путь. Вергилий подражает этому: «Встанет Аврора, оставив Тифону шафранное ложе» [Георгики, I, 447], поскольку у евреев поэтическое искусство развилось раньше.

Что Солнце не появляется на горизонте, как из шатра (хотя это так воспринимается глазами), псалмопевец знал; что Солнце движется, он предполагал, поскольку так кажется глазам. И он сказал и то и другое, поскольку то и другое представляется глазам. И нельзя считать, что он там или здесь сказал неправду; ибо зрительному впечатлению внутренне присуща особая истина, подходящая для выражения затаенных намерений автора псалма, событий Евангелия и также явления Сына Божьего. Иисус Навин прибавляет сюда еще долины, к которым должны двигаться Солнце и Луна, именно потому, что так ему казалось на

[1] Ф. А. Петровский указал, что смысл, вложенный в этот пример Кеплером, получается только по латинскому тексту Библии (от Луки, V, 4). Если обратиться к греческому оригиналу семидесяти толковников, то там сказано: «Плыви в глубокое море»; в латинском же тексте глубокое и высокое передается одним словом altum.— *Прим. сост.*

Иордане. И оба достигли своей цели: Давид (и с ним Иисус, сын Сирха) хотел прославить величие Бога, благодаря которому эти вещи так представляются нашим глазам или выражают таинственный смысл посредством этих видимых явлений. Но Иисус хотел, чтобы Солнце *для него* оставалось целый день посередине неба, для восприятия глазами, в то время как оно для других людей тогда же оставалось под Землей.

Но невдумчивые люди видят противоречие в словах: «Солнце покоится, это значит, что Земля покоится». Они не принимают во внимание, что это противоречие возникает лишь в рамках оптики и астрономии, а поэтому не проникает в область человеческого разума. Они также не хотят видеть, что Иисус имел только одно желание: чтобы горы не похитили у него солнечный свет, и это желание он облачил в слова, соответствующие зрительному восприятию. Ибо в это мгновение было бы весьма нецелесообразно думать об астрономии и об ошибках зрительного восприятия. Ибо если кто-нибудь дал понять Иисусу, что Солнце в действительности не движется к долине Аиалонской, а только так кажется, что он конечно воскликнул бы, что он желает продления дня для себя, как бы это ни произошло! Так же он поступил бы, если бы кто-либо начал с ним спор о постоянной неподвижности Солнца и движении Земли. Бог легко понял из слов Иисуса, что тот хочет, и выполнил его просьбу, задержав движение Земли, так что Иисусу казалось, что Солнце стоит. Содержание просьбы Иисуса сводилось к тому, что ему нужно было, чтобы так *казалось*, а это произошло *в действительности*. И нужно было, чтобы казалось не что-то бесполезное и пустое, а нечто связанное с желаемым действием.

Но в гл. 10 «Оптики в астрономии» можно найти причины того, почему всем людям кажется движущимся Солнце, а не Земля. Нам представляется Солнце малым, а Земля, напротив, большой. Также и движение Солнца вследствие его медленности не воспринимается непосредственно, а лишь на основании размышления, поскольку через некоторое время изменяется его расстояние до гор. Отсюда следует, что без предварительного рассуждения нельзя представлять себе Землю с опирающимся на нее небесным сводом иначе, как огромное, неподвижное здание, в котором Солнце, кажущееся таким маленьким, как пролетающая в воздухе птица, спешит с одной стороны на другую. Это представление всех людей явилось исходным пунктом понимания первой строки Св. Писания. Вначале, говорит Моисей, Бог сотворил небо и землю. Он говорит так, потому что эти две главные части мироздания ощущаются нашим зрением. Дело обстоит так, как если бы Моисей сказал: все это мироздание, которое ты видишь — наверху светлое, внизу темное, простирающееся вдаль, на котором ты стоишь и которое тебя накрывает, сотворил Бог.

В другом месте человека спрашивают, может ли он исследовать высоту неба наверху и глубину земли внизу. Обе обычно кажутся человеку одинаково простирающимися в бесконечные дали. И все-таки не

найдется человека в здравом уме, который на основании этих слов претендовал бы на то, чтобы ограничить усердную работу астрономов, доказывающую ничтожную малость Земли по сравнению с небом или исследуемыми астрономическими расстояниями. Ибо эти слова относятся не к измерениям с помощью разума и рассуждения, а к прямым измерениям, которые для человеческого тела, прикованного к Земле и дышащего воздухом, невозможны. Здесь следует прочитать всю гл. 38 книги Иова и сравнить ее с тем, что достигнуто в астрономии и физике.

Если кто-либо приведет то место из 24-го псалма, в котором говорится, что «Земля стоит на водах», чтобы на нем основать новое, действительно безумное учение о Земле, плавающей по водам, то ему с полным правом скажут, что он должен оставить Св. Духа в покое и не выставлять его на посмешище физическим школам; ибо псалмопевец подразумевал здесь только то, что давно знают и ежедневно наблюдают люди, а именно то, что суша (после отделения верхних вод) прорезана огромными реками и омывается морями. То же говорится и в другом месте, где израильтяне поют о том, что они сидят на реках вавилонских, т. е. около рек или на берегах Евфрата и Тигра.

Если принять это, то почему же не принять, что в других местах, которые обычно противопоставляются утверждению о движении Земли, следует подобным же образом отвернуться от физики, обратившись к смыслу Писания?

Поколение уходит (говорит Екклезиаст) и поколение приходит, но Земля пребывает вечно. Здесь Соломон вряд ли хотел спорить с астрономами, а скорее хотел напомнить людям об их бренности, о том, что Земля — обитель человечества — остается одной и той же, движение Солнца беспрестанно замыкается в себе самом, ветер веет по кругу и возвращается в то же место, реки текут из источников в море, из моря же обратно к источникам, наконец, рождаются новые люди, в то время как другие уходят, и жизненный спектакль продолжается как прежде: ничего нет нового под Солнцем.

Здесь ты не слышишь никаких физических положений. Дело здесь идет об увещании нравственном, ясном и очевидном для всякого, однако мало ценящемся. Это и хочет внушить Соломон. Ибо кто не знает, что Земля остается неизменной? Кто не видел, что Солнце ежедневно встает на востоке, реки постоянно текут в море, ветры постоянно чередуются, одни люди сменяют других? Однако, кто думает о том, что постоянно играется все тот же жизненный спектакль с переменой ролей и что в человеческих делах нет ничего нового? Следовательно, Соломон, указав на видимое всеми, хочет напомнить о том, на что большинство несправедливо не обращает внимания.

Принято считать, что 103-й псалом посвящен естественным наукам, так как он весь касается явлений природы. Там говорится, что Бог основал Землю на основании, которое не дрогнет во веки веков. Но автору псалма совершенно чуждо обсуждение физических причин. Ибо он пол-

ностью довольствуется величием Бога, сотворившего все это, и поет славу Богу-творцу, перечисляя одно за другим все, что видят глаза. По зрелом размышлении мы найдем здесь пояснение к шести дням творения. Первые три дня были посвящены разделению царств природы; в первый день свет был отделен от внешней тьмы, во второй вода внизу отделена от вод наверху твердью (воздушной сферой), на третий — суша отделена от морей, причем суша была одета растениями и деревьями. Три последних дня посвящены украшению разделенных царств природы: четвертый — небу, пятый — морям и воздуху, шестой — суше. И псалом состоит из частей, соответствующих шести дням творения; этих частей также насчитывается шесть. Ибо во 2-м стихе Творца, как ризой, облачают светом, первыми сотворенными вещами и творениями первого дня. Вторая часть начинается 3-м стихом и говорит о наднебесных водах, раскинувшемся небе и воздушных явлениях, которые псалмопевец явно приписывает верхним водам, а именно о тучах, ветрах, громе и молнии. Третья часть начинается 6-м стихом и прославляет Землю как основание всего, что здесь обсуждается. Действительно, псалмопевец все относит к Земле и к населяющим ее живым существам, поскольку, согласно свидетельству глаз, мир разбивается на две главные части — на небо и землю. Вот здесь он созерцает землю, которая за такое долгое время не опускается, не распадается, не рушится, хотя никто не знает, на чем она стоит. Он хочет не поучать людей вещам, которых они не знают, а напомнить о вещах, которые они оставляют без внимания, а именно о величии и могуществе Бога в его творениях — таких огромных, неколебимых и крепких. Если астроном учит, что Земля несется через созвездия, то он не опровергает того, что говорит здесь псалмопевец, и не отрицает человеческий опыт. Тем не менее очевидно, что Земля, создание Бога — строителя мира, не рушится, как обычно рушатся старые и обветшавшие постройки, что она не оседает набок, что обитель живых существ не приходит в беспорядок, что горы и берега стоят крепко и несокрушимо под натиском ветров и волн, как в самом начале. Псалмопевец прибавляет еще прекрасную картину отделения воды от суши и украшает ее, описывая источники и ту многообразную пользу, которую источники и горы приносят птицам и четвероногим зверям. Так же не пропускает он украшения поверхности Земли, которое Моисей упоминает среди созданного в третий день. Но он вводит его своеобразно, как окрапление сверху, с неба, и украшает еще перечислением проистекающих от него благ; оно дает пропитание и усладу людям и логова зверям.

Четвертая часть начинается 20-м стихом; она прославляет творения четвертого дня, Солнце и Луну, а в особенности пользу, которую приносит животным и людям различение времени. Для людей — это понятная вещь, так что совершенно ясно, что здесь псалмопевец не хочет выступать как астроном. Ибо в противном случае он не упустил бы напомнить о пяти планетах; действительно, ничто так не чудесно и не прекрасно, ничто для разумных людей так ясно не доказывает мудрости

Творца, как движение планет. Пятая часть трактует в 26-м стихе о труде пятого дня, когда море наполнилось рыбой и украсилось кораблями. Шестая часть открывается, несколько менее отчетливо, 28-м стихом и касается одушевленных обитателей Земли, сотворенных в шестой день. В заключение псалмопевец говорит вообще о благости Бога, который все поддерживает и все творит заново. Итак, псалмопевец переносит все, что он сказал о мире, на живые существа; он не упоминает ни о чем неизвестном, ибо его цель в том, чтобы воспеть известное, а не исследовать неизвестное, напротив того — он призывает людей к созерцанию благодеяний, которые им принесли труды каждого дня.

И я тоже заклинаю моего читателя не забывать о благости Бога, к созерцанию которой так настоятельно призывает псалом, когда читатель возвращается из храма и вступает в школу астрономии, и вместе со мной славит мудрость и величие Творца. Я убедительно показываю это читателю, излагая картину мира, исследуя причины и объясняя ошибки зрительного восприятия; и он может не только ревностно славить Бога за крепость и несокрушимость Земли как за дар, составляющий счастье всей одушевленной природы, но также признавать мудрость Творца в движении Земли — таком таинственном, таком необыкновенном.

Тем, кто слишком ограничен, чтобы понимать астрономическую науку, или слишком малодушен, чтобы без ущерба для своей набожности верить Копернику, я могу лишь посоветовать покинуть школу астрономии, по своему усмотрению спокойно осудить философские учения и посвятить себя своим делам. Он может отречься от нашего движения в пространстве, вернуться домой и возделывать свой огород. Подымая к небу глаза, которыми он только и видит, пусть он от всего сердца возносит благодарность и хвалу Богу-творцу; пусть он остается в убеждении, что чтит Бога не меньше, чем астроном, которому дар, полученный от Бога, позволяет видеть зорче глазом разума и по-своему славить своего Бога.

По этой причине можно в какой-то степени принять ученым воззрения Браге на картину мира. Оно представляет собой нечто среднее. С одной стороны, оно, насколько возможно, освобождает астрономов от ненужного набора многочисленных эпициклов, принимает вместе с Коперником причины движения, неизвестные Птолемею, и оставляет также место для физических исследований, ставя Солнце в центре планетной системы. С другой стороны, оно приемлемо для большинства образованных людей и устраняет движение Земли, в которое трудно поверить. При этом, конечно, астрономическая теория планет запутывается в трудностях и небесная физика приходит в не меньший беспорядок.

Вот и все об авторитете Св. Писания. Относительно мнений святых о явлениях природы я скажу одним словом: в богословии имеют вес авторитеты, в философии же — разумные основания. Хотя святой Лактанций отрицал шаровидность Земли, святой Августин соглашался с шаро-

видностью Земли, но отрицал антиподов, святым является также сегодняшнее официальное мнение, признающее малость Земли, но отрицающее ее движение. Но для меня более священной является истина, и я, при всем своем почтении к отцам церкви, научно доказываю, что Земля кругла, кругом заселена антиподами, незначительна и мала и летит через созвездия.

Но достаточно об истинности коперниковской гипотезы. Мы должны вернуться к цели, поставленной в начале этого введения. Я сказал вначале, что мое изложение астрономии основывается не на выдуманных гипотезах, а на физических причинах и что я пытаюсь достичь этой цели по двум основаниям. Первое заключается в открытии того, что планетные эксцентры пересекаются в теле Солнца, второе — в познании того, что в теорию Земли входит уравнительный круг с половинным эксцентриситетом. Назовем теперь третье основание; из сравнения II и IV частей я получил совершенно надежное доказательство того, что для Марса эксцентриситет уравнительного круга точно половинный, в чем Браге сомневался долго, а Коперник — все время. Отсюда, на основе заключения по индукции, я сделал в III части для всех планет следующий предварительный вывод: так как нет постоянных орбит, что доказал Браге, исследуя кометные орбиты, то тело Солнца является источником силы, приводящей в обращение все планеты. Причину этого я определил бы так: хотя Солнце остается на своем месте, оно вращается как токарный станок и из себя во все стороны испускает нематериальную специю своего тела, подобно нематериальной специи своего света. Эта специя при вращении тела Солнца вращается наподобие бурного водоворота, охватывающего весь мир, и одновременно увлекает за собой в круговое движение тела планет, в более сильной или более слабой степени; это зависит от того, как расположены они по закону своего истечения — плотно или редко.

После установления общей силы, обращающей все планеты вокруг Солнца, каждую по своему кругу, из хода моих доказательств с необходимостью следует, что каждой планете придается особенный движитель, находящийся в самих планетных шарах; от постоянных орбит, следуя учению Браге, я уже отказался. В III части я исследовал и этот вопрос.

Совершенно неимоверного труда стоили мне в IV части движители, выведенные указанным выше образом, с помощью которых должны были быть получены расстояния планет от Солнца и управления эксцентров, однако они получились ошибочными и не согласовывались с наблюдениями. Это произошло не потому, что они были введены неправильным образом, а потому, что я, околдованный традиционным мнением, их привязал, так сказать, к мельничным колесам — кругам. С этими оковами на ногах они не могли выполнять своего назначения.

Моя утомительная работа только тогда пришла к концу, когда я прошел через четвертый этап физических гипотез; путем исключительно

кропотливых доказательств, обработав очень много наблюдений, я нашел, что путь планет на небе — не круг, а *овальная,* точнее, *эллиптическая* орбита.

Геометрия к тому же учит, что такая орбита получится, если мы движителю каждой планеты поставим задачу: привести ее тело в колебание вдоль прямой, направленной к Солнцу. Уравнения эксцентров при таком колебании также получаются правильными и соответствуют наблюдениям.

Наконец, постройка завершена и геометрически доказано, что подобное колебание вызывается магнитной материальной силой. Тем самым показано, что особенные движители планет по всей вероятности обусловлены не чем иным, как расположением самих планетных тел; подобным образом объясняются свойства магнита, который указывает полюс и притягивает железо. Сообразно с этим все виды небесных движений обусловлены чисто материальными, т. е. магнитными, силами, за исключением только собственного вращения тела Солнца, для чего кажется необходимой живая сила.

В V части доказано, что уже введенные нами гипотезы удовлетворяют широтным наблюдениям.

В III и IV частях все-таки определенная роль оставлена духу, вследствие чего особенный движитель планет сочетает со способностью двигать свой шар разумные соображения. Это сделано на тот случай, если кто-либо, напуганный посторонними возражениями, которые покажутся ему убедительными, сочтет, что он не должен верить в материальность природы. Ему следует понять, что этот дух в качестве меры колебания использует видимый радиус Солнца и может воспринимать угол, который определяют астрономы.

Вот и все, что интересует физиков. Остальное астрономы и геометры найдут упорядоченным в оглавлении, помещенном дальше. Я сделал оглавление более подробным, чтобы оно могло служить указателем содержания; читатель, испытывающий затруднения касательно самого предмета или стиля, с помощью обзорной таблицы может получить разъяснение также из оглавления. Краткие аннотации разделов помогут ему лучше понять порядок и взаимосвязь вопросов, собранных в той или иной главе, в случае если сам текст окажется труднообозримым. Я надеюсь, что этого будет для читателя достаточно.



ГАРВЕЙ

(1578—1657)

Вильям Гарвей — сын иомена-фермера, родился в Кенте. Вильям, старший из пяти братьев, решил посвятить себя медицине, поступив в Кембриджский университет, в Кийз колледж. В 1600 г. Гарвей продолжил свое образование в Падуе у Галилея и Фабрициуса, и последнему Гарвей обязан своими анатомическими познаниями и интересами в области эмбриологии. Через два года Гарвей вернулся в Лондон и женился на Елизавете Браун, дочери лейб-медика Елизаветы I и Якова I.

Медицинская карьера Гарвея началась блестяще. Он рано стал членом Лондонской коллегии врачей, и вскоре был приглашен придворным лекарем к Якову I, а потом и к Карлу I, казненному затем в эпоху Кромвеля. Бо́льшую часть жизни Гарвей возглавлял известную больницу св. Варфоломея в Лондоне. За три года до смерти он единогласно был избран президентом Лондонской коллегии врачей, но по старости отказался от этой почетной должности.

Знаменитое сочинение Гарвея, содержащее открытие большого круга кровообращения, появилось в 1628 г. В дальнейшем Гарвей много работал в области эмбриологии, где им был предвосхищен основной биогенетический закон развития и провозглашен принцип «Omnis anima ex ovo» («Всякое животное — из яйца»).

Мы приводим обращение к президенту Лондонской коллегии врачей, с которого после традиционного посвящения королю Карлу I, начинается трактат Гарвея «Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных».

АНАТОМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ О ДВИЖЕНИИ СЕРДЦА И КРОВИ У ЖИВОТНЫХ

ПРЕВОСХОДИТЕЛЬНЕЙШЕМУ И СЛАВНЕЙШЕМУ МУЖУ, ГОСПОДИНУ ДОКТОРУ АРГЕНТУ

Председателю Лондонской коллегии врачей, моему единственному другу, и другим врачам, моим любезным коллегам,— привет.

Я давно уже изложил ученым врачам в своих анатомических лекциях новое учение о движении и отправлениях сердца и сосудов. А теперь в этой книжке я отдаю на суд всем свое учение после того, как уже более 9 лет я доказывал его на опытах и демонстрациях и пояснял разными соображениями и доводами, опровергая возражения многочисленных анатомов, и только по желанию и настоянию многих теперь его опубликую. Я имел бы мало надежды на то, чтобы эта книжка могла беспрепятственно появиться, если бы я не посвятил ее Вам, высокоуважаемые коллеги. В Вас я нахожу защиту всех тех наблюдений, из которых я или черпаю истину, или на основании которых я опровергаю ложное. На многих из Вас как на достойных всякого доверия я могу сослаться, потому что Вы были свидетелями моих вскрытий, где обычно присутствовали и честно соглашались с очевидными фактами. Так как в этой книге предлагается новое учение о круговом движении крови, не согласное со старым многовековым учением лучших анатомов, то я боялся, что издание этой книги, законченной уже несколько лет тому назад, показалось бы дерзким, если бы я не предложил ее сначала Вашему вниманию, не подтвердил бы вивисекциями и не ответил бы на все Ваши сомнения и возражения и не получил бы поддержки в согласии Вашего председателя. Вместе с тем я был вполне уверен, что если я перед Вашей коллегией, славной столькими ученейшими мужами, сумею отстоять мое учение, тогда мне нечего бояться других. Я надеюсь, что так же, как в Вас я нашел поддержку в силу Вашей любви к истине, найду ее и у других столь же просвещенных читателей. Подлинно просвещенные люди, движимые горячей любовью к мудрости и истине, никогда не считают себя настолько мудрыми и ум свой настолько самодовлеющим, чтобы не принять истину, когда бы и откуда бы она ни пришла; их кругозор не настолько узок, чтобы считать, что все сделан-

ное в науке и искусствах является настолько законченным и совершенным, что для старания и труда новых деятелей не осталось ничего. Большинство сознает, что все наше знание представляет только небольшую часть того, что нам неизвестно. Такие просвещенные люди не лишают себя свободы исследования и не подчиняются рабски преданиям и предписаниям авторитетов настолько, чтобы не верить собственным глазам, и не настолько преклоняются перед авторитетом старины как своей учительницы, чтобы изменить правде. Одинаково бессмысленными считают тех легковерных людей, которые все принимают с первого взгляда, как и тех, кто не видит явно ощущаемого, кто не признает дня в полдень. Они учат в научном исследовании избегать поэтических вымыслов и народных сказок, как и скептических отказов от исследований. Все честные и настоящие ученые никогда не поддаются до такой степени зависти или раздражению, чтобы не выслушать хладнокровно того, что высказывается ради истины, и чтобы не понять правильно освещенного факта. Они не считают позором менять свое мнение, если правдоподобность и явное доказательство этого требуют. Они не считают постыдным отказаться от заблуждения, будь это даже самое древнее, так как им хорошо известно, что заблуждение свойственно человеку и что открытия могут быть сделаны случайно и любой может учить другого: юноша — старика, простец — разумного.

Но, дорогие коллеги, я вовсе не хотел пересмотром и перебиранием статей и мнений анатомических авторитетов в громадном томе показать свою памятливость, труды бессонных ночей и свою начитанность, так как я нахожу, что анатомы должны учиться и учить не по книгам, а препарированием, не из догматов учености, но в мастерской природы. Я не собирался кого-либо из древних лишить подобающих ему почестей, ни бросить вызов кому-нибудь из позднейших; не считаю честным поднимать руку на тех, у которых я сам учился и кто прославился в анатомии. К этому надо добавить, что я намеренно никого, кто стремится к истине, не хотел заклеймить как лжеучителя, ни обвинять кого-либо в заблуждении, но, старательно следуя только истине, я приложил все усилия, чтобы быть в состоянии что-нибудь создать, что было бы добрым людям желательно, ученым приемлемо и образованности полезно.

Итак, прощайте, славнейшие доктора, и будьте благосклонны к Вашему коллеге, анатому Вильяму Гарвею.



ДЕКАРТ

(1596—1650)

Рене Декарт происходил из старинного и состоятельного дворянского рода. Он родился в Турени, на западе Франции. Мать его вскоре умерла, и воспитанием он во многом обязан отцу, советнику парламента, который еще в детстве называл своего несколько болезненного и слабого сына «маленьким философом». Свое образование Декарт завершил в школе иезуитов. Он отправился в Париж, где познакомился с Мерсенном, и дружба с этим замечательным ученым и мыслителем, «секретарем ученой Европы», сохранилась на всю его жизнь. В Париже Декарт вскоре занялся математикой, бросив беззаботную светскую жизнь. В 1617 г. Декарт отправился в Голландию, став вольнонаемным офицером у принца Оранского. Затем в Армии католической лиги в Баварии он участвовал в нескольких сражениях Тридцатилетней войны.

Когда Декарту было 24 года, он пережил глубокий духовный кризис. Он решил посвятить себя философии, поставив перед собой задачу создания новой системы мироздания. Декарт ушел из армии, посетил ненадолго родной дом и, совершив путешествие в Швейцарию и Италию, на несколько лет поселился в Париже. За исключением недолгого участия в осаде Ла-Рошели, Декарт жил в Париже до 1629 г., затем он переехал в Голландию. В этой, быть может, самой свободной тогда стране Европы

ученый прожил 20 лет, и там были написаны все основные его сочинения. Однако учение Декарта породило «брожение умов» в нидерландских университетах. Богослов Боэций, ректор Утрехтского университета, потребовал сожжения книг Декарта рукой палача. До этого многие работы Декарта уже были внесены Ватиканом в «Индекс». Во избежание клеветы, доносов и суда Декарт был вынужден покинуть Голландию, и по приглашению шведской королевы Кристины переехал в Стокгольм для основания там Академии наук. Но он не перенес северного климата и вскоре умер от воспаления легких.

Декарт жил уединенно и скромно. Он не спешил с публикацией своих работ; большую роль для него играла обширная переписка с Мерсенном, Гоббсом и другими учеными того времени. В своих трудах Декарт стремился охватить все современное ему естествознание, обобщив его единым образом. Мы здесь не даем их исчерпывающей оценки; заметим только, что в области философии Декарт был дуалистом, полагая существование души и материи независимыми друг от друга. В области методологии Декарт вместе с Бэконом признавал значение опыта как основы точного знания. В астрономии Декарт принимал утверждение о бесконечности мира и был последователем Коперника. В биологии он опирался на работы Везалия и Гарвея. Значителен был вклад Декарта в оптику, где вместе со Снеллиусом он сформулировал закон преломления света. Быть может, самым существенным конкретным достижением Декарта стала аналитическая геометрия; в «Геометрии» (1637) впервые были соединены алгебра и геометрия, что открыло дорогу изобретению анализа. Влияние Декарта на науку XVII века было определяющим: с него началась эпоха рационализма в философии, и только через столетие его качественные и механистические воззрения в значительной мере были вытеснены более точными категориями ньютоновских принципов: недаром главный труд Ньютона назывался «Математические начала натуральной философии», подчеркивая разницу как в подходе, так и в предмете анализа «Начал философии» Декарта.

Мы приводим краткое предуведомление к декартовой «Геометрии», а также предисловие к «Началам философии» (1644). Этот итоговый труд Декарта не обладает яркостью и остротой его более ранних «Рассуждений о методе» (1627); однако предисловие к нему дает лучшее представление о взглядах самого автора, чем что-либо другое.

ГЕОМЕТРИЯ

ПРЕДУВЕДОМЛЕНИЕ

До сих пор я старался быть понятным для всех; однако я опасаюсь, что этот трактат может быть прочитан лишь теми, кому уже известно содержание книг по геометрии. Поскольку в последних содержится ряд вполне доказанных истин, я счел излишним их повторять, хотя и пользовался ими.

НАЧАЛА ФИЛОСОФИИ

Письмо автора к французскому переводчику «Начал философии», уместное здесь как предисловие

Перевод моих «Начал», над обработкой которого ты не задумался потрудиться, столь ясен и точен, что я не без основания надеюсь, что «Начала» большинством будут прочтены и усвоены по-французски, а не по-латыни. Я опасаюсь единственно того, как бы заголовок не отпугнул многих из тех, кто не вскормлен наукой, или тех, у кого философия не в почете, поскольку их не удовлетворяет та философия, которой их учили. По этой причине я убежден, что будет полезно присоединить сюда предисловие, которое указало бы им, каково содержание этой книги, какую цель ставил я себе, когда писал ее, и какую пользу можно изо всего этого извлечь. Но хотя такое предисловие должно было бы быть предпослано мною, так как я должен быть более осведомленным относительно данного предмета, чем кто-либо другой, я, тем не менее, не в состоянии сделать ничего более, как предложить в сжатом виде основные пункты, которые, полагал бы, следовало бы трактовать в предисловии, причем поручаю на твое разумное усмотрение, что из последующего ты найдешь пригодным для опубликования.

Прежде всего я хотел бы выяснить, что такое философия, сделав почин с наиболее обычного, с того, например, что слово «философия» обозначает занятие мудростью и что под мудростью понимается не только благоразумие в делах, но также и совершенное знание всего того, что может познать человек; это же знание, которое направляет самую жизнь, служит сохранению здоровья, а также открытиям во всех науках. А чтобы философия стала такой, она необходимо должна быть выведена из первых причин так, чтобы тот, кто старается овладеть ею (что и значит, собственно, философствовать), начинал с исследования этих первых причин, именуемых началами. Для этих начал существует два требования. Во-первых, они должны быть столь ясны и самоочевидны, чтобы при внимательном рассмотрении человеческий ум не мог усомниться в их истинности; во-вторых, познание всего остального должно зависеть от них так, что хотя начала и могли бы быть познаны помимо познания прочих вещей, однако, обратно, эти последние не могли бы быть познаны без знания начал. При этом необходимо понять, что здесь познание вещей из начал, от которых они зависят, выводится таким образом, что во всем ряду выводов нет ничего, что не было бы совершенно ясным. Вполне мудр в действительности один бог, ибо ему свойственно совершенное знание всего; но и люди могут быть названы более или менее мудрыми, сообразно тому, как много или как мало они знают истин о важнейших предметах. С этим, я полагаю, согласятся все сведущие люди.

Затем я предложил бы обсудить полезность этой философии и вместе с тем доказал бы важность убеждения, что философия (поскольку она

распространяется на все доступное для человеческого познания) одна только отличает нас от дикарей и варваров и что каждый народ тем более гражданствен и образован, чем лучше в нём философствуют; поэтому нет для государства большего блага, как иметь истинных философов. Сверх того, любому человеку важно не только пользоваться близостью тех, кто предан душою этой науке, но поистине много лучше самим посвящать себя ей же, подобно тому как несомненно предпочтительнее при ходьбе пользоваться собственными глазами и благодаря им получать наслаждение от красок и цвета, нежели закрывать глаза и следовать на поводу у другого; однако и это все же лучше, чем, закрыв глаза, отказываться от всякого постороннего руководительства. Действительно, те, кто проводит жизнь без изучения философии, совершенно сомкнули глаза и не заботятся открыть их; между тем удовольствие, которое мы получаем при созерцании вещей, видимых нашему глазу, отнюдь не сравнимо с тем удовольствием, какое доставляет нам познание того, что мы находим с помощью философии. К тому же для наших нравов и для жизненного уклада эта наука более необходима, чем пользование глазами для направления наших шагов. Неразумные животные, которые должны заботиться только о своем теле, непрерывно заняты лишь поисками пищи для него; для человека же, главною частью которого является ум, на первом месте должна стоять забота о снискании его истинной пищи — мудрости. Я твердо убежден, что очень многие не преминули бы это сделать, если бы только надеялись в том успеть и знали, как это осуществить. Нет такого самого последнего человека, который был бы так привязан к объектам чувств, что когда-нибудь не обратился бы от них к чему-то лучшему, хотя бы часто и не знал, в чем последнее состоит. Те, к кому судьба наиболее благосклонна, кто в избытке обладает здоровьем, почетом и богатством, не более других свободны от такого желания; я даже убежден, что они сильнее прочих тоскуют по благам более значительным и совершенным, чем те, какими они обладают. А такое высшее благо, как показывает даже и помимо света веры один природный разум, есть не что иное, как познание истины по ее первопричинам, т. е. мудрость; занятие последнею и есть философия. Так как все это вполне верно, то нетрудно в том убедиться, лишь бы правильно все было выведено. Но поскольку этому убеждению противоречит опыт, показывающий, что люди, более всего занимающиеся философией, часто менее мудры и не столь правильно пользуются своим рассудком, как те, кто никогда не посвящал себя этому занятию, я желал бы здесь кратко изложить, из чего состоят те науки, которыми мы теперь обладаем, и какой ступени мудрости эти науки достигают. Первая ступень содержит только те понятия, которые благодаря собственному свету настолько ясны, что могут быть приобретены и без размышления. Вторая ступень охватывает все то, что дает нам чувствительный опыт. Третья — то, чему учит общение с другими людьми. Сюда можно присоединить, на четвертом месте, чтение книг, конечно не всех, но преимущественно тех, которые написаны людьми, спо-

собными наделить нас хорошими наставлениями; это как бы вид общения с их творцами. Вся мудрость, какою обычно обладают, приобретена, на мой взгляд, этими четырьмя способами. Я не включаю сюда божественное откровение, ибо оно не постепенно, а разом поднимает нас до безошибочной веры. Однако во все времена бывали великие люди, пытавшиеся присоединить пятую ступень мудрости, гораздо более возвышенную и верную, чем предыдущие четыре; по-видимому, они делали это исключительно так, что отыскивали первые причины и истинные начала, из которых выводили объяснения всего доступного для познания. И те, кто старался об этом, получили имя философов по преимуществу. Никому, однако, насколько я знаю, не удалось счастливое разрешение этой задачи. Первыми и наиболее выдающимися из таких писателей, сочинения которых дошли до нас, были Платон и Аристотель. Между ними существовала та разница, что первый, блистательно следуя по пути своего предшественника Сократа, был убежден, что он не может найти ничего достоверного, и довольствовался изложением того, что ему казалось вероятным; с этой целью он принимал известные начала, посредством которых и пытался давать объяснения прочим вещам. Аристотель же не обладал такой искренностью. Хотя Аристотель и был в течение двадцати лет учеником Платона и имел те же начала, что и последний, однако он совершенно изменил способ их объяснения и за верное и правильное выдавал то, что, вероятнее всего, сам никогда не считал таковым. Оба эти богато одаренных мужа обладали значительной долей мудрости, достигаемой четырьмя указанными средствами, и в силу этого они стяжали столь великую славу, что потомки более предпочитали придерживаться их мнений, вместо того чтобы отыскивать лучшие. Главный спор среди их учеников шел прежде всего о том, следует ли во всем сомневаться или же должно что-либо принимать за достоверное. Этот предмет поверг тех и других в страшные заблуждения. Некоторые из тех, кто отстаивал сомнение, распространяли его и на житейские поступки, так что пренебрегали пользоваться благоразумием в качестве необходимого житейского руководства, тогда как другие, защитники достоверности, предполагая, что эта последняя зависит от чувств, всецело на них полагались. Это доходило до того, что, по преданию, Эпикур, вопреки всем доводам астрономов, серьезно утверждал, будто Солнце не больше того, каким оно кажется. Здесь в большинстве споров можно подметить одну ошибку: в то время как истина лежит между двумя защищаемыми воззрениями, каждое из последних отходит от нее тем дальше, чем с большим жаром спорит. Но заблуждение тех, кто излишне склонялся к сомнению, не долго имело последователей, а заблуждение других было несколько исправлено, когда узнали, что чувства в весьма многих случаях обманывают нас. Но, насколько мне известно, с корнем ошибка не была устранена: именно, не было высказано, что правота присуща не чувству, а одному лишь разуму, когда он отчетливо воспринимает вещи. И так как лишь разуму мы обязаны знанием, достигаемым на первых четырех ступенях мудрости, то не

дóлжно сомневаться в том, что кажется истинным относительно нашего житейского поведения; однако не дóлжно полагать это за непреложное, чтобы не отвергать составленных нами о чем-либо мнений там, где того требует от нас разумная очевидность. Не зная истинности этого положения или зная, но пренебрегая ею, многие из желавших за последние века быть философами слепо следовали Аристотелю и часто, нарушая дух его писаний, приписывали ему множество мнений, которых он, вернувшись к жизни, не признал бы своими; а те, кто ему и не следовал (в числе таких было много превосходнейших умов), не могли не проникнуться его воззрениями еще в юности, так как в школах только его взгляды и изучались; поэтому их умы настолько были заполнены последними, что перейти к познанию истинных начал они были не в состоянии. И хотя я их всех ценю и не желаю стать одиозным, порицая их, однако могу привести для своего утверждения некоторое доказательство, которому, полагаю, никто из них не стал бы возражать. Именно, почти все они полагали за начало нечто такое, чего сами вполне не знали. Вот примеры: я не знаю никого, кто отрицал бы, что земным телам присуща тяжесть; но хотя опыт ясно показывает, что тела, называемые тяжелыми, опускаются к центру Земли, мы из этого все-таки не знаем, какова природа того, что называется тяжестью, т. е. какова причина или каково начало падения тел, а должны узнавать об этом как-нибудь иначе. То же можно сказать о пустоте и об атомах, о теплом и холодном, о сухом и влажном, о соли, сере, ртути и обо всех подобных вещах, которые принимаются некоторыми за начала. Но ни одно заключение, выведенное из неочевидного начала, не может быть очевидным, хотя бы это заключение выводилось отсюда самым очевиднейшим образом. Отсюда следует, что ни одно умозаключение, основанное на подобных началах, не могло привести к достоверному познанию чего-либо и что, следовательно, оно ни на шаг не может подвинуть далее в отыскании мудрости; если же что истинное и находят, то это делается не иначе, как при помощи одного из четырех вышеуказанных способов. Однако я не хочу умалять чести, на которую каждый из этих авторов может притязать; для тех же, кто не занимается наукой, я в виде небольшого утешения должен посоветовать лишь одно: идти тем же способом, как и при путешествии. Ведь как путники, в случае, если они обратятся спиною к тому месту, куда стремятся, отдаляются от последнего тем больше, чем дольше и быстрее шагают, так что, хотя и повернут затем на правильную дорогу, однако не так скоро достигнут желаемого места, как если бы вовсе не ходили,— так точно случается с теми, кто пользуется ложными началами: чем более заботятся о последних и чем больше стараются о выведении из них различных следствий, считая себя хорошими философами, тем дальше уходят от познания истины и от мудрости. Отсюда дóлжно заключить, что всего меньше учившиеся тому, что до сей поры обыкновенно обозначили именем философии, наиболее способны постичь подлинную философию. Ясно показав все это, я хотел бы представить здесь доводы, которые свидетельствовали бы, что

начала, какие я предлагаю в этой книге, суть те самые истинные начала, с помощью которых можно достичь высшей ступени мудрости (а в ней и состоит высшее благо человеческой жизни). Два основания достаточны для подтверждения этого: первое, что начала эти весьма ясны, и второе, что из них можно вывести все остальное; кроме этих двух условий никакие иные для начал и не требуются. А что они (начала) вполне ясны, легко показать, во-первых, из того способа, каким эти начала отыскиваются: именно, следует отбросить все то, в чем мне мог бы представиться случай хоть сколько-нибудь усомниться; ибо достоверно, что все, чего нельзя подобным образом отбросить, после того как оно достаточно обсуждалось, и есть самое яснейшее и очевиднейшее из всего, что доступно человеческому познанию. Итак, дóлжно понять, что для того, кто стал бы сомневаться во всем, невозможно, однако, усомниться, что он сам существует в то время, как сомневается; кто так рассуждает и не может сомневаться в самом себе, хотя сомневается во всем остальном, не представляет собой того, что мы называем нашим телом, а есть то, что мы именуем нашей душой или сознанием. Существование этого сознания я принял за первое начало, из которого вывел наиболее ясное следствие, именно, что существует бог — творец всего находящегося в мире; а так как он есть источник всех истин, то он не создал нашего рассудка по природе таким, чтобы последний мог обманываться в суждениях о вещах, воспринятых им яснейшим и отчетливейшим образом. Таковы все мои начала, которыми я пользуюсь в отношении к нематериальным, т. е. метафизическим, вещам. Из этих принципов я вывожу самым ясным образом начала вещей телесных, т. е. физических, именно, что даны тела, протяженные в длину, ширину и глубину, наделенные различными фигурами и различным образом движущиеся. Таковы вкратце все те начала, из которых я вывожу истину о прочих вещах. Второе основание, свидетельствующее об очевидности начал, таково: они были известны во все времена и считались даже всеми людьми за истинные и несомненные, исключая лишь существование бога, которое некоторыми ставилось под сомнение, так как слишком большое значение придавалось чувственным восприятиям, а бога нельзя ни видеть, ни осязать. Хотя все эти истины, принятые мною за начала, всегда всеми мыслились, никого, однако, сколько мне известно, до сих пор не было, кто принял бы их за начала философии, т. е. кто понял бы, что из них можно вывести знание обо всем существующем в мире; поэтому мне остается доказать здесь, что эти начала именно таковы; мне кажется, что невозможно представить это лучше, чем показав это на опыте, именно призвав читателей к прочтению этой книги. Ведь хотя я и не веду в ней речи обо всем (да это и невозможно!), все-таки, мне кажется, вопросы, обсуждать которые мне довелось, изложены здесь так, что лица, прочитавшие со вниманием эту книгу, смогут убедиться, что нет нужды искать иных начал, помимо изложенных мною, для того чтобы достичь высших знаний, какие доступны человеческому уму; особенно, если, прочтя написанное мною, они по-

трудятся принять во внимание, сколько различных вопросов здесь выяснено, а просмотрев писания других авторов, заметят, сколь мало вероятны решения тех же вопросов по началам, отличным от моих. Если они приступят к этому более охотно, то я буду в состоянии сказать, что тот, кто стал держаться моих взглядов. гораздо легче поймет писания других и установит их истинную цену, нежели тот, кто не проникся моими взглядами; и, наоборот, как я сказал выше, если случится прочесть мою книгу тем, кто берет за начало древнюю философию, то, чем больше трудились они над последнею, тем обыкновенно оказываются менее способными постичь философию истинную.

Относительно чтения этой книги я присоединил бы краткое указание: именно, я желал бы, чтобы сначала ее просмотрели в один прием, как роман, чтобы не утомлять своего внимания и не задерживать себя трудностями, какие случайно встретятся. Но на тот случай, если лишь смутно будет показана суть того, о чем я трактовал, то позднее — коль скоро предмет покажется читателю достойным тщательного исследования и будет желание познать причины всего этого — пусть он вторично прочтет книгу с целью проследить связь моих доводов; однако, если он недостаточно воспримет доводы или не все их поймет, то ему не следует унывать, но, подчеркнув только места, представляющие затруднения, пусть он продолжает чтение книги до конца без всякой задержки. Наконец, если читатель не затруднится взять книгу в третий раз, он найдет в ней разрешение многих из прежде отмеченных трудностей; а если некоторые из последних останутся и на сей раз, то при дальнейшем чтении, я уверен, они будут устранены.

При изучении природы различных умов я замечал, что едва ли существуют настолько глупые и тупые люди, которые не были бы способны ни усваивать хороших мнений, ни подниматься до высших знаний, если только их направлять по должному пути. Это можно доказать следующим образом: если начала ясны и из них ничего не выводится иначе, как при посредстве очевиднейших рассуждений, то никто не лишен разума настолько, чтобы не понять тех следствий, которые отсюда вытекают. Но и помимо препятствий со стороны предрассудков, от которых вполне никто несвободен, наибольший вред они приносят тем, кто особенно погружен в неверное знание; почти всегда случается, что одни из людей, одаренные умеренными способностями и сомневающиеся в них, не хотят погружаться в науки, другие же, более пылкие, слишком торопятся и, часто допуская неочевидные начала, выводят из них неправильные следствия. Поэтому я и желал бы убедить тех, кто излишне недоверчив к своим силам, что в моих произведениях нет ничего непонятного, если только они не уклонятся от труда их изучить; и вместе с тем предупредить других, что даже для выдающихся умов потребуется долгое время и величайшее внимание, чтобы исследовать все то, что я желал охватить в своей книге.

Далее, чтобы цель, которую я имел при обнародовании этой книги, была правильно понята, я хотел бы указать здесь и порядок, который, как

мне кажется, должен соблюдаться для собственного просвещения. Во-первых, тот, кто владеет только обычным и несовершенным знанием, которое можно приобрести посредством четырех вышеуказанных способов, должен прежде всего составить себе правила морали, достаточные для руководства в житейских делах, ибо это не терпит промедления, и нашей первой заботой должна быть правильная жизнь. Затем нужно заняться логикой, но не той, какую изучают в школах: последняя, собственно говоря, есть лишь некоторого рода диалектика, которая учит только средствам передавать другим уже известное нам и даже учит говорить, не рассуждая о многом, чего мы не знаем; тем самым она скорее извращает, чем улучшает здравый смысл. Нет, сказанное относится к той логике, которая учит надлежащему управлению разумом для приобретения познания еще неизвестных нам истин; так как эта логика особенно зависит от подготовки, то, чтобы ввести в употребление присущие ей правила, полезно долго практиковаться в более легких вопросах, как, например, в вопросах математики. После того, как будет приобретен известный навык в правильном разрешении этих вопросов, дóлжно серьезно отдаться подлинной философии, первой частью которой является метафизика, где содержатся начала познания; среди них имеется объяснение главных атрибутов бога, нематериальности нашей души, равно и всех остальных ясных и простых понятий, какими мы обладаем. Вторая часть — физика; в ней, после того как найдены истинные начала материальных вещей, рассматривается, как образован весь мир вообще; затем, особо, какова природа земли и всех остальных тел, находящихся около земли, как, например, воздуха, воды, огня, магнита и иных минералов. Далее, дóлжно по отдельности исследовать природу растений, животных, а особенно человека, чтобы удобнее было обратиться к открытию прочих полезных для него истин. Вся философия подобна как бы дереву, корни которого — метафизика, ствол — физика, а ветви, исходящие от этого ствола,— все прочие науки, сводящиеся к трем главным: медицине, механике и этике. Под последнею я разумею высочайшую и совершеннейшую науку о нравах; она предполагает полное знание других наук и есть последняя ступень к высшей мудрости. Подобно тому как плоды собирают не с корней и не со ствола дерева, а только с концов его ветвей, так и особая полезность философии зависит от тех ее частей, которые могут быть изучены только под конец. Но хотя я даже почти ни одной из них не знал, всегдашнее мое рвение увеличить общее благо побудило меня десять или двенадцать лет тому назад выпустить некоторые «Опыты» относительно того, что, как мне казалось, я изучил. Первою частью этих «Опытов» было «Рассуждение о методе для хорошего направления разума и отыскания истины в науках»; там я кратко изложил основные правила логики и несовершенной морали, которая могла быть только врéменной, пока не было лучшей. Остальные части содержали три трактата: один — «Диоптрику», второй — «Метеоры» и последний — «Геометрию». В «Диоптрике» мне хотелось доказать, что мы достаточно далеко можем идти в философии, чтобы с ее помощью

приблизиться к познанию искусств, полезных для жизни, так как изобретение подзорных труб, о чем я там говорил, было одним из труднейших изобретений, какие когда-либо были сделаны. Посредством трактата о метеорах я хотел отметить, насколько философия, разрабатываемая мною, отличается от философии, изучаемой в школах, где обычно рассматриваются те же предметы. Наконец, через посредство трактата о геометрии я хотел показать, как много неизвестных дотоле вещей я открыл, и воспользовался случаем убедить других, что можно открыть и много иного, чтобы таким образом побудить к отысканию истины. Позднее, предвидя для многих трудности в понимании начал метафизики, я попытался изложить особенно затруднительные места в книге «Размышлений»; последняя хотя и невелика, однако содержит много вопросов, особенно в связи с теми возражениями, которые мне были присланы по этому поводу различными знаменитыми в науке людьми и моими ответами им. Наконец, после того как мне показалось, что умы читателей достаточно подготовлены предшествующими трудами для понимания «Начал философии», я выпустил в свет и последние, разделив эту книгу на четыре части; первая из них содержит начала человеческого познания и представляет собою то, что может быть названо первой философией или же метафизикой; для правильного понимания ее полезно предпослать ей чтение «Размышлений», касающихся того же предмета. Остальные три части содержат все наиболее общее в физике; сюда относится изложение первых законов для начал природы; дано описание того, как образованы небесный свод, неподвижные звезды, планеты, кометы и вообще вся Вселенная, затем особо описана природа нашей Земли, воздуха, воды, огня, магнита — тел, которые обычно чаще всего встречаются на Земле, и всех свойств, наблюдаемых в этих телах, как свет, теплота, тяжесть и прочее. На этом основании я, думается, начал изложение всей философии таким образом, что ничего не упустил из того, что должно предшествовать описываемому в заключении. Однако, чтобы довести эту цель до конца, я должен был бы подобным же образом отдельно изложить природу более частных тел, находящихся на Земле, а именно минералов, растений, животных и особенно человека; наконец, должны были бы тщательно быть трактованы медицина, этика и механика. Все это мне пришлось бы сделать, чтобы дать роду человеческому законченный свод философии. Я не чувствую себя настолько старым, не так уже не доверяю собственным силам и вижу себя не столь далеким от познания того, что остается познать, чтобы не осмеливаться приняться за выполнение этого труда, имей я только приспособления для производства всех тех опытов, какие мне необходимы для подтверждения и проверки моих рассуждений. Но, видя, что это потребовало бы значительных издержек, непосильных для частного лица, каким являюсь я, без общественной поддержки, и видя, что нет оснований ожидать такой помощи, я полагаю, что в дальнейшем с меня будет достаточно исследования лишь для моего личного просвещения, и да извинят меня потомки, если мне в дальнейшем уже не придется для них потрудиться.

Однако, чтобы выяснить, в чем, на мой взгляд, я ему уже оказал услугу, я скажу здесь, какие, по моему мнению, плоды могут быть собраны с моих «Начал». Первый из них — удовольствие, испытываемое от нахождения здесь многих до сих пор не известных истин; ведь хотя истины часто не столь действуют на наше воображение, как ошибки и выдумки, ибо истина кажется менее изумительной и простой, однако радость, приносимая ею, длительнее и основательнее. Второй плод — это то, что усвоение данных «Начал» понемногу приучит нас правильнее судить обо всем встречающемся и таким образом стать более рассудительными — результат, прямо противоположный тому, какой производит общераспространенная философия; легко ведь подметить на так называемых педантах, что она делает их менее восприимчивыми к доводам разума, чем они были бы, если бы никогда ее не изучали. Третий плод — в том, что истины, содержащиеся в «Началах», будучи наиболее очевидными и достоверными, устраняют всякое основание для споров, располагая тем самым умы к кротости и согласию; совершенно обратное вызывают школьные противоречия, так как они мало-помалу делают изучающих все более педантичными и упрямыми и тем самым становятся, быть может, первыми причинами ересей и разногласий, которых так много в наше время. Последний и главный плод этих «Начал» состоит в том, что, разрабатывая их, можно открыть великое множество истин, которых я там не излагал, и таким образом, переходя постепенно от одной к другой, со временем прийти к полному познанию всей философии и к высшей степени мудрости. Ибо, как видим по всем наукам, хотя вначале они грубы и несовершенны, однако, благодаря тому, что содержат в себе нечто истинное, удовлетворяемое результатами опыта, они постепенно совершенствуются; точно так же и в философии, раз мы имеем истинные начала, не может статься, чтобы при проведении их мы не напали бы когда-нибудь на другие истины. Нельзя лучше доказать ложность аристотелевых принципов, чем отметив, что в течение многих веков, когда им следовали, не было возможности продвинуться вперед в познании вещей.

От меня не скрыто, конечно, что существуют люди столь стремительные и сверх того столь мало осмотрительные в своих поступках, что, имея даже основательнейший фундамент, они не в состоянии построить на нем ничего достоверного; а так как обычно более всего склонны к писанию книг именно такие люди, то они способны в короткий срок извратить все, сделанное мною, и ввести в мой философский метод неуверенность и сомнения (с изгнания чего я с величайшей заботой и начал), если только их писания будут принимать за мои или отражающими мои взгляды. Недавно я испытал это от одного из тех, о ком говорят, как о моем ближайшем последователе; о нем я даже где-то писал, что настолько полагаюсь на его разум, что не думаю, чтобы он держался какого-либо мнения, которое я не пожелал бы признать за свое собственное; а между тем в прошлом году он издал книгу под заголовком «Основания физики», и хотя, по-видимому, в ней нет ничего, касавшегося

физики и медицины, чего он не взял бы из моих опубликованных трудов, а также из незаконченной еще работы о природе животных, попавшей к нему в руки; однако в силу того, что он плохо списал, изменил порядок изложения и пренебрег некоторыми метафизическими истинами, которыми должна быть проникнута вся физика, я вынужден решительно от него отмежеваться и просить читателей никогда не приписывать мне какого-либо взгляда, если не найдут его выраженным в моих произведениях; и пусть читатели не принимают за верное никаких взглядов ни в моих, ни в чужих произведениях, если не увидят, что они яснейшим образом выводятся из истинных начал.

Я знаю, что может пройти много веков, прежде чем из этих начал будут выведены все истины, какие оттуда можно извлечь, так как истины, какие должны быть найдены, в значительной мере зависят от отдельных опытов; последние же никогда не совершаются случайно, но должны быть изыскиваемы проницательными людьми с тщательностью и издержками. Ведь не всегда так случается, что те, кто способны правильно произвести опыты, приобретут к тому возможность; а также многие из тех, кто выделяется такими способностями, составляют неблагоприятное представление о философии вообще вследствие недостатков той философии, которая была в ходу до сих пор,— исходя из этого они не станут стараться найти лучшую. Но кто в конце концов уловит различие между моими началами и началами других, а также то, какой род истин отсюда можно извлечь, те убедятся, как важны эти начала в разыскании истины и до какой высокой ступени мудрости, до какого совершенства жизни, до какого блаженства могут довести нас эти начала. Смею верить, что не найдется никого, кто не пошел бы навстречу столь полезному для него занятию или по крайней мере кто не сочувствовал бы и не желал бы всеми силами помочь плодотворно над ним трудящимся. Пожелаю нашим потомкам увидеть счастливое его завершение.



ГЕРИКЕ

(1602—1686)

Отто фон Герике родился в Магдебурге, где отец его был членом совета города. Сначала он учился в университетах Лейпцига и Гельмштадта. Два года Герике изучал юриспруденцию в Иене, затем физику, математику и фортификацию в Лейдене. После девятимесячного путешествия по Англии и Франции Герике вернулся в родной город и начал работать в магистрате. Во время Тридцатилетней войны при осаде Магдебурга Герике был одним из военачальников оборонявшихся горожан. После взятия города вражескими войсками Герике, лишившись всего имущества, бежал из Магдебурга. Однако при заключении мира Герике с успехом провел сложные переговоры с курфюрстом Саксонским, укрепив послевоенное положение Магдебурга, за что был избран в 1646 г. его четвертым бургомистром. На этом посту Герике пробыл 32 года; в 1678 году он оставил его по старости. Он умер в Гамбурге, в доме своего единственного сына, куда уехал от свирепствовавшей тогда чумы.

Несмотря на занятость делами города, преимущественно дипломатическими, Герике находил время и силы для науки. Значительный интерес представляют его опыты по магнетизму и электричеству. Для получения электрических зарядов он использовал вращающийся шар из серы, который натирал рукой. Герике обратил

внимание на намагничивание длинных железных предметов, если их расположить при ковке в меридиональном направлении. Он построил воздушный термометр, изобрел водяной барометр и связал показания этих приборов с изменением погоды. Однако наибольшее значение имели его исследования пустого пространства. Он не только изобрел вакуумный насос, но и применил его для опытов в разреженном воздухе. Классическими являются его демонстрации погасания свечи, заглушение колокольчика, а опыты с магдебургскими полушариями произвели исключительное впечатление на современников. Герике впервые определил плотность воздуха. Он был не только одним из искуснейших физиков-экспериментаторов, но и естествоиспытателем с широким кругом научных интересов. Его мысли о горении и брожении отличались здравостью суждений; в представлениях о строении Вселенной он не только придерживался системы Коперника, но и пропагандировал её, что было далеко не безопасным в то время.

Мы приводим предисловие к главному и по существу единственному труду Герике «Новые опыты о пустом пространстве», опубликованному в 1672 г. в Амстердаме.

НОВЫЕ ТАК НАЗЫВАЕМЫЕ МАГДЕБУРГСКИЕ ОПЫТЫ О ПУСТОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Впервые изданные преосвященным отцом Каспаром Шоттом, членом Общества Иисуса и профессором математики Вюрцбургской Академии; теперь же самим автором более совершенно изданные и увеличенные другими различными экспериментами, с добавлением надежных сведений о весе воздуха, окружающего Землю; о мировых силах и системе планетного мира, а также о неподвижных звездах и том неизмеримом пространстве, которое как внутри, так и вовне их находится.

Предисловие

«Созерцание природы,— по свидетельству св. Василия,— это преддверие небесного наслаждения, вечная радость ума, врата спокойствия, собеседование сущностей высших с низшими и вершина человеческого счастья; достигшая его душа, как бы пробужденная от тяжелой спячки, вступив в самозабвении в область света, кажется играющей роль не человека на небе, сколько божества на Земле». И справедливо также известное двустишие:

Если бы сущность вещей познать было смертным возможно,
Все приказанья властей лопнули б, точно пузырь.

Но в естественных науках такого рода ничего не значат ни ораторское искусство, ни изящество выражений, ни даже острый характер диспутирования.

«Ибо здесь тысяча Демосфенов, тысяча Аристотелей будут опровергнуты одним человеком заурядного ума, который в лучшей форме выразил истину. Следовательно, надо отказаться от надежды, что найдутся более ученые и более начитанные во многих книгах авторы, чем мы, которые наперекор природе смогли бы доказать истинность того, что ложно» (Галилей, Диалог о двух системах мира).

Поэтому все, что доказывается опытом или разумом, должно предпочесть всяким рассуждениям, какими бы вероятными и красивыми они ни казались; ведь многое, что кажется истинным в рассуждениях или диспутах, на практике, однако, не дает никакой пользы.

«Итак ясно, что всякая философия, если она не подтверждается опытом, будет пустой, обманчивой и бесполезной; и сколько монстров в философии порождают даже великие и утонченные философские умы. Один только опыт может рассеять все сомнения, разрешить трудности; он, единственный учитель истины, неся во тьме факел, может, развязав все узлы, указать истинные причины вещей» (Кирхер, Магнетическое искусство).

Поэтому философы, упорно держащиеся только своих мыслей или аргументов, не могут заключить ничего надежного о естественном строении мира, ибо человеческое понимание, если оно не основано на опыте, очень часто удаляется от истины на расстояние большее того, которое отделяет Солнце от Земли.

Совсем недавно это признал Гильберт Клерк в предисловии к своей книге «О полноте мира».

«Почти вся философия природы некогда состояла из ненадежных и даже сомнительных дискуссий, выраженных в пустых словах полуторафутовой длины, которые истинные философы скорее должны избегать, чем вовлекать в них других. Поэтому наилучшим философом считался тот, кто в борьбе стяжал себе пустое имя и славу ученого, и из других больше всего знающим считался тот, кто меньше всего понимал самого себя и в пароксизме своего безумия изрекал глупейший вздор (смотря по тому, куда заносил его порыв собственного духа).

Но, наконец (восславим Господа!), воссияли более осененные гением умы, которые (призвав на помощь разум и опыт) показали новый метод философских рассуждений.

Отсюда зародилась надежда, что философы охватят настоящую истину, а не какую-нибудь ее тень или маску, и наука о природе (отбросив дискуссии) заключит союз с математическими науками. Это дело не может быть завершено в один год или одним человеком; но все-таки не следует падать духом, ибо есть надежда, что дух не отчаивается, когда будут настойчиво следовать единому методу философских исследований, отбросив другие, наконец, при счастливых предзнаменованиях, откроется полностью истина (насколько это может человеческая слабость вынести) и со дня на день будут раскрываться новые тайны природы и рассеиваться мрак ошибок.

Но все же мне не нравится, что до сих пор я еще вижу некоторую необходимость борьбы и взаимных противоречий и даже сами главы новой философии не согласны принять Полноту Мира и останавливаются у самого порога истины...».

Действительно, издавна философы жестоко спорили друг с другом относительно пустоты: существует ли она или что она производит, и каждый упорно защищал принятое однажды мнение, как воин — крепость против осаждающего врага. И зажегшееся в моем уме стремление узнать истину в этом, пока еще спорном, предмете не могло ни заснуть, ни погаснуть, так что я, испросив отпуск, попытался произвести некоторое исследование данного вопроса.

Это было сделано различными способами, и работа не оказалась бесплодной, так как я изобрел несколько машин для обнаружения этой, всегда отрицаемой, пустоты.

Потом, когда я был послан по государственным делам на Имперский сейм, проведенный в 1654 г. в Регенсбурге, некоторые любители этих вопросов узнали об упомянутых опытах и стали настоятельно от меня требовать, чтобы я показал им некоторые из них, что я и попытался, в меру своих возможностей, сделать.

К концу сейма, когда его участники уже начали разъезжаться, случилось так, что мои опыты стали известны Его Императорскому Величеству, курфюрстам и некоторым князьям, которые пожелали посмотреть их до отъезда; отказать этому желанию я не мог да и не считал должным.

Больше всего они понравились Высочайшему курфюрсту Иоганну-Филиппу, архиепископу Майнцскому и епископу Вюрцбургскому, и он настоятельно просил меня сделать подобные инструменты. Но так как трудности того времени не позволили мастерам сделать такие же инструменты, он просил меня уступить ему привезенные мною в Регенсбург машины, после уплаты их стоимости, и даже позаботился, чтобы они были перевезены в Вюрцбургский замок.

Когда правление Общества Иисуса и профессора Вюрцбургской академии рассмотрели мои опыты в присутствии Высочайшего курфюрста, они написали о них ученым мужам Рима и других мест и запросили их суждения. В частности, один из членов коллегии преосвященный отец Каспар Шотт, профессор математики той же академии, написал мне об этом и начал просить у меня различные сведения для наилучшей информации, так что, наконец, в своей книге «О механическом гидравлико-пневматическом искусстве», написанной в 1657 г., он в качестве приложения дал описание этих новых опытов, которые он назвал магдебургскими и опубликовал, чтобы с ними могли ознакомиться желающие.

После опубликования этих моих опытов к уже изобретенным мной были добавлены и многие другие; они заново были описаны уже упомянутым достопочтенным патером Шоттом в его первой книге «О магдебургских чудесах» (1664); таким образом, наряду со «Старыми магде-

бургскими опытами» были также опубликованы и «Новые магдебургские опыты»; нашлись также и многие другие, которые писали об этом деле. Эти машины и произведенные ими действия привели в необычайное удивление всех, кому они стали известны. Об этом свидетельствует упомянутый патер Шотт в предисловии к «Занимательной технике»: «Я не колеблюсь откровенно признать и смело возвестить, что я ничего более чудесного в этом роде никогда не видел, не слышал, не читал и даже не полагал, а также не думаю, что после создания мира когда-нибудь что-либо подобное, не говоря уже о более удивительном, видело свет солнца. Таково же суждение великих князей и ученейших мужей, которым я сообщил об этих опытах». Об этом в изобилии свидетельствуют многие написанные на сей счет трактаты.

Хотя у меня никогда не было намерения что-либо напечатать по этим вопросам, но разнообразные суждения о пустоте — из которых одни одобряли это мнение, а другие ему возражали, так что никто не мог уже больше удивляться столь различным и часто чудесным человеческим представлениям — заставили меня написать трактат о Пустом Пространстве, чтобы отклонить такого рода противоположные и различные мнения. Также ради тех людей, которые очень интересовались этими опытами, я и решил издать все полезное, что получалось от более глубокого познания этого вопроса в науке о природе. Я завершил этот труд к 14 марта 1663 г.; однако не хотел исправлять или опровергать упомянутые различные и несообразные мнения (за исключением немногих в 35-й и 36-й главах III книги, где обсуждаются только широко распространенные мнения, а также возражения преосвященных отцов и профессоров на некоторые специально отмеченные в упомянутом дополнении к «Гидравлико-пневматическому искусству»). Действительно, это было бы слишком длинно и для читателей скучно. Из приобретенного более обширного опыта и знания каждый, кто не страдает другими предвзятыми мнениями и кто, отложив всякое пристрастие, правильно разберется и справедливо оценит опыты, сможет избавиться от застарелых или плохо обдуманных представлений такого рода. Там, где имеются вещественные свидетельства, нет надобности в словах, а с теми, кто отрицает убедительные и надежные опыты, не нужно ни спорить, ни начинать войну: пусть сохраняют себе мнение, какое хотят, и идут во тьму по следам кротов. Ибо математика и философия побеждают не сражаясь, находясь в покое признанной истины, другие же области человеческой философии требуют обсуждения, поскольку они лишены той очевидности, которой отличается математика. Так человеческий разум после долгого блуждания по энциклопедии гуманитарных наук успокаивается, наконец, в уверенности, которую дают только математические науки.

Что же касается характера изложения в этом трактате, то он не составлен в угоду красноречию или изящности выражений. Поэтому, если я где-нибудь и погрешил в выражениях, то я просил бы извинения; ведь мы ищем дела, а не слова, которые лишь служат делам. И не все

можно достаточно описать словами, но, ради краткости, многое часто или опускается, или излагается обычным языком, согласно старой пословице: *разговаривать можно со многими, а рассуждать лишь с некоторыми.*

И хотя, как было сказано, этот труд был закончен уже семь лет назад, однако, отчасти вследствие болезни, отчасти же из-за других дел, я не мог издать его. Сами опыты оставались бы в неизвестности и дольше, если бы не некоторые великие мужи, которые, следуя Лукиану, считали, что черпаемое только из одних книг знание без каких-либо опытов будет ничтожнейшим и порицали меня за медлительность, убеждая не задерживать больше этого труда и представить его на общую пользу. Противиться дольше их желаниям я не хотел.

Но так как не все нравится всем, то легко можно предположить, что найдутся противники, согласно пословице «*всякий думающий приступить к великому делу, должен быть уверен, что встретит и врагов и подражателей*».

И (если сказать вместе с Сенекой) не найдется смертного человека, которого бы не тронула некоторая доля незнания, ибо «*эту заразу мы получаем из самой нашей смертности. Когда человек ошибается, он ошибается по-человечески, и обвинять человека в ошибке — значит поносить саму нашу смертность*».

Поэтому не следует думать, что кто-либо будет настолько счастлив, что сможет выпустить какое-нибудь произведение без всяких ошибок. Больше того, иногда, замечая ошибки другого, мы сами их совершаем. Поэтому в том, что не доказывается экспериментами, мы ожидаем строгого суда от добрых и знающих, и если в чем-нибудь получим более правильное указание или замечание, то будем затем следовать лучшему.

Но прежде всего мы стремимся к тому, чтобы этот труд обсуждался только в математических кругах и не выходил бы в другие сферы, может быть касающиеся религии; упор делается только на математические принципы, ставшие очевидными благодаря опытам. Если же, вопреки намерению, прорвется случайно что-нибудь сомнительное, то мы согласны отказаться; предоставляя каждому свободу не соглашаться, мы готовы следовать тому, что более соответствует истине. Кроме того, мы полагаем, что в будущем найдутся тонкие и проницательные умы, которые, побужденные чтением этой книги, позаботятся о том, чтобы в дальнейшем найти и другое, нечто может быть более высокое и лучшее. Итак, будь здоров, благосклонный читатель, и толкуй наши намерения в хорошую сторону.

Магдебург, 14 марта 1670 г.

MICROGRAPHIA:
OR SOME
Physiological Descriptions
OF
MINUTE BODIES
MADE BY
MAGNIFYING GLASSES.
WITH
OBSERVATIONS and INQUIRIES thereupon.

By R. HOOKE, Fellow of the ROYAL SOCIETY.



LONDON, Printed by Jo. Martyn, and Ja. Allestry, Printers to the ROYAL SOCIETY, and are to be sold at their Shop at the Bell in S. Paul's Church-yard. M DC LX V.

ГУК

(1635—1703)

Роберт Гук[1] родился на острове Уайт в семье священника. Начальное образование он получил в Вестминстерском колледже, высшее — в Оксфорде. Несколько лет Гук был помощником Бойля, когда тот повторял опыты Герике с воздушным насосом. В 1662 г. Гук стал смотрителем при только что основанном Королевском обществе. Жил он в то время при колледже Грешема в Лондоне, где преподавал геологию и вел астрономические наблюдения. В 1677 г. Гук стал секретарем Королевского общества и на этом посту многое сделал для превращения этого общества избранных в национальную академию наук.

Исключительно изобретательный человек, прекрасный механик, Гук был и тонким наблюдателем. Он открыл вращение Марса и первый обратил внимание на двойные звезды. Он усовершенствовал микроскоп и указал на клеточное строение растений. Многим его имя известно в связи с шарниром Гука и законом Гука, заключающемся в пропорциональности малых упругих деформаций действующим силам. Обладая глу-

[1] Ввиду отсутствия прижизненных портретов Гука, приводится фото титульного листа «Микрографии» — основного труда Р. Гука.

бокой интуицией и богатым воображением, Гук предложил ряд мыслей и идей, впоследствии развитых его великими современниками, более сильными в математике. Это приводило к бесконечным спорам о приоритете с Ньютоном, Гюйгенсом и другими.

Мы приводим посвящение «Микрографии» Гука королю Карлу II, стиль которого характерен для подобных посланий, а также обращение к Королевскому обществу, с которых начинается «Микрография»; только чрезмерный объем помешал привести здесь интересное авторское предисловие к этой удивительной книге.

МИКРОГРАФИЯ,

ИЛИ НЕКОТОРЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОПИСАНИЯ МЕЛЬЧАЙШИХ ТЕЛЕЦ ПРИ ПОМОЩИ УВЕЛИЧИТЕЛЬНЫХ СТЕКОЛ С ИХ НАБЛЮДЕНИЕМ И ОБСУЖДЕНИЕМ

ПОСВЯЩЕНИЕ КОРОЛЮ КАРЛУ II СТЮАРТУ

Этот скромный дар я смиренно возлагаю к ногам Вашего Королевского Величества. И хотя ему сопутствуют два недостатка, происходящие от ничтожества автора и самого предмета, я тем не менее в том и другом ободряю себя мыслью о величии Вашей милости и Ваших знаний. Одна научила меня тому, что Вы прощаете даже наиболее самонадеянных, и другая — что Вы не пренебрегаете даже самым малым в творениях природы или ремесла, доступного Вашему обозрению. Среди всех славных дел, которые сопровождали восстановление Вашего правления, далеко не самым малым стало то, что философия и опытные науки процветают под Вашим королевским покровительством. Спокойное процветание Вашего царствования дало нам свободу в этих занятиях, требующих покоя и сосредоточенности, потому справедливо, что их плоды должны, как знак признательности, быть обращены к Вашему Величеству. Государь, Ваши другие подданные в Вашем Королевском обществе заняты благородными делами: улучшением производства и сельского хозяйства, развитием торговли и усовершенствованием мореплавания. Во всех этих делах им способствует помощь и пример Вашего Величества. Среди этих великих задач я намереваюсь представить то, что больше соответствует малости моих способностей и предложить некоторые самые ничтожные из всех видимых вещей могучему государю, утвердив шему свою империю над лучшими из всех невидимых вещей этого Мира, над умами людей.

Вашего Величества смиренный и послушный подданный и слуга

Роберт Гук

КОРОЛЕВСКОМУ ОБЩЕСТВУ

После моего обращения к нашему великому патрону и основателю я не мог не считать себя обязанным по тем многочисленным поручениям, которые вы на меня возложили, не предложить мои скромные труды этому знаменитейшему собранию. Ранее вы милостиво приняли лишь грубые наброски этих работ, к которым теперь я добавил некоторые описания и предположения. Однако вместе с вашим согласием я также должен просить вашего извинения. Правила, которые вы предписали себе для развития философии [науки], являются лучшими из всех тех, которым когда-либо следовали. В особенности в том, чтобы избегать догматизации и исключать гипотезы, которые недостаточно обоснованы и не подтверждены опытом. Этот путь кажется наилучшим и должен предохранить как философию, так и естествознание от их прежнего извращения. Так заявляя, я тем самым обвиняю, может быть, и собственный подход в этом сочинении. В нем, может быть, найдутся выражения, которые кажутся более утвердительными, чем позволяют ваши предписания. И хотя я хотел бы, чтобы они воспринимались лишь как предположения и вопросы (которые ваш метод полностью и не исключает), я заявляю, что даже если я и превысил свои права, это было сделано помимо ваших указаний. Но не разумно будет, если вы обратитесь к исправлению ошибок в моих предположениях. Чувствую, что вы получите некоторую выгоду в вашей репутации, даже от малых наблюдений

Вашего покорного и преданного слуги
Роберта Гука



ГЮЙГЕНС

(1629—1695)

Христиан Гюйгенс родился в Гааге. Его отец Константин Гюйгенс, блестящий представитель эпохи Возрождения в Голландии, был влиятельным государственным деятелем и поэтом. Гюйгенс учился в Лейденском университете, занимаясь юриспруденцией и математикой. Степень доктора права он получил в 1655 г. в Анже, во Франции; его первая научная работа, посвященная квадратурам различных кривых, была опубликована в 1651 г. В эти же годы он занимался оптикой и изобрел окуляр, известный как окуляр Гюйгенса и применяемый доныне в микроскопах. Вместе со своим братом Христиан шлифовал линзы и построил несколько телескопов, отличающихся большой длиной и высоким качеством изображения. С помощью таких инструментов он открыл кольца Сатурна и первый из спутников этой планеты.

Однако наиболее важным изобретением Гюйгенса были маятниковые часы, значение которых трудно переоценить. С появлением таких часов впервые стало возможным точно измерять время, а следовательно, и определять долготу места при мореплавании. 16 лет Гюйгенс прожил в Париже, куда он был приглашен в Академию при ее основании Людовиком XIV. Несколько раз Гюйгенс ездил в Англию, где выступал с научными докладами в Королевском обществе, членом которого он также состоял.

Там Гюйгенс встречался с Ньютоном. С Лейбницем он занимался математикой и представил его первый мемуар по дифференциальному исчислению в Доклады Парижской Академии наук. Из-за религиозных преследований после отмены Нантского эдикта в 1681 г. Гюйгенс покинул Париж и вернулся в родную Гаагу, где после продолжительной болезни умер. Незадолго до смерти Гюйгенс написал «Космотеорос» — одну из первых общедоступных книг по астрономии, насыщенную многими интересными и глубокими мыслями. Заметим, что ее русский перевод был издан по указанию Петра I.

Мы приводим предисловие к замечательной книге Гюйгенса «Маятниковые часы» (1673) и предисловие к его «Трактату о свете» (1690), в котором изложен принцип построения волновой поверхности, позволивший описать множество явлений по распространению света, его отражению и преломлению. Появление волновой, а затем и электромагнитной теории света только подтвердило правильность и плодотворность этого важнейшего принципа — принципа Гюйгенса — в физической оптике.

МАЯТНИКОВЫЕ ЧАСЫ

ИЛИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ДВИЖЕНИЮ МАЯТНИКОВ, ПРИСПОСОБЛЕННЫХ К ЧАСАМ

Прошло 15 лет с тех пор, как я опубликовал брошюру об изобретенных мною в то время часах.

Но так как я сделал с того времени много усовершенствований в своей работе, то решил изложить их в новой книге. Эти усовершенствования следует признать главнейшей частью изобретения и его теоретическим обоснованием, которого до сих пор не было. Простой маятник нельзя считать надежным и равномерным измерителем времени, так как время его колебания зависит от размаха: большие размахи требуют большего времени, чем малые.

Однако при помощи геометрии я нашел новый, до сих пор не известный, способ подвешивания маятников. Я исследовал кривизну некоторой кривой, которая удивительным образом подходит для обеспечения равенства времени качания маятника. После того как я заставил маятник часов колебаться по этой кривой, ход часов стал чрезвычайно правильным и надежным, как показали испытания на суше и на море. Великая польза этих часов для астрономии и мореплавания может считаться установленной. Эта кривая — та, которую описывает в воздухе гвоздь, вбитый в обод колеса, при качении колеса. Математики нашего времени называют ее циклоидой; из-за разных других ее свойств она исследовалась многими, а мною — в виду ее пригодности для измерения времени, которую я обнаружил, исследуя ее по строгим методам науки и не подозревая ее применимости. Я уже давно сообщил о своем открытии неко-

торым друзьям, сведущим в этой области (я сделал это открытие вскоре после выхода первого издания «Часов»). Теперь я снабдил его возможно более точными доказательствами и предаю его гласности. Эти доказательства я считаю главнейшей частью книги.

Для проведения этих доказательств потребовалось укрепить и, где нужно, дополнить учение великого Галилея о падении тел. Наиболее желательным плодом, как бы величайшей вершиной этого учения, и является открытое мною свойство циклоиды.

Для применения моего изобретения к маятникам мне необходимо было установить новую теорию, а именно, теорию образования новых линий при посредстве развертывания кривых линий. Здесь я столкнулся с задачей сравнения длины кривых и прямых линий. Я изучил этот вопрос несколько далее, чем нужно было для моей цели, так как теория показалась мне изящной и новой.

Я показываю полезность применения в часах сложного маятника. Для изучения его природы я должен был произвести исследование о центре качания, исследование, которое уже было предпринято несколькими учеными, но пока без особого успеха. Я здесь доказал ряд теорем относительно линий, площадей и тел, которые заслуживают, как мне кажется, внимания. Но всему этому я предпосылаю описание механического устройства часов и применение маятника в форме, оказывающейся наиболее удобной для астрономических целей. По этому образцу легко строить часы для других целей, введя необходимые изменения. Выдающийся успех изобретения привел к тому, что обычно происходит и что я и предвидел; теперь несколько лиц претендуют на эту честь, если не для себя, то скорее для одного из своих соотечественников, нежели для меня.

Я считаю необходимым выступить, наконец, здесь против этих несправедливых притязаний. Для этой цели мне совершенно достаточно подтвердить, что 16 лет тому назад я сам придумал конструкцию часов и изготовил часы. В то время никто ни устно, ни в печати не упоминал о подобных часах, и слухов никаких не было (я говорю о применении простого маятника к часам; относительно циклоиды никто, я полагаю, не станет возбуждать спора). В следующем году (пятьдесят восьмом этого столетия) я опубликовал рисунок и описание часов и разослал в разных направлениях как экземпляры часов, так и брошюру. Эти факты столь общеизвестны, что не нуждаются ни в свидетельстве ученых, ни в официальных актах Генеральных Штатов Голландии, которые я мог бы получить.

Отсюда видно, что надо думать о тех, которые 7 лет спустя публикуют совсем то же устройство часов в своих книгах как свое собственное изобретение или изобретение своих друзей. Некоторые утверждают, что Галилей пытался сделать это изобретение, но не довел дело до конца; эти лица скорее уменьшают славу Галилея, чем мою, так как выходит, что я с большим успехом, чем он, выполнил ту же задачу.

Если же утверждать, как это сделал недавно один ученый, что дело было доведено до конца или Галилеем или его сыном и что часы этого рода были сделаны и демонстрированы, то кто может поверить таким утверждениям? Крайне невероятно, чтобы такое полезное изобретение могло оставаться в неизвестности 8 лет, пока я не извлек его на свет божий. Если они утверждают, что изобретение нарочно держали в тайне, то они должны признать, что такой довод может привести каждый, кто хочет приписать себе изобретение. Это еще требует доказательства и даже после доказательства не имело бы ко мне никакого отношения, если бы одновременно не было бы доказано, что то, что было неизвестно никому, стало известно одному мне. Это я должен был сказать в свою защиту. Теперь перейдем к описанию часов.

ТРАКТАТ О СВЕТЕ

Я написал этот трактат двенадцать лет тому назад во время пребывания во Франции; в 1678 г. я сообщил его ученым лицам, составлявшим тогда Королевскую академию наук, в которую король оказал мне честь меня призвать. Многие из них еще живы и могли бы вспомнить, что присутствовали, когда я читал его; это в особенности относится к тем из них, которые специально занимались изучением математических наук, и из которых назову только знаменитых Кассини, Рёмера и де ла Гира. Хотя с тех пор я исправил и изменил несколько мест, но копии, которые я в то время сделал, могли бы доказать, что мною все же ничего не прибавлено, если не считать соображений о строении кристалла исландского шпата и одного нового замечания о преломлении в горном хрустале. Я указываю на эти частности для того, чтобы было известно, с каких пор я размышлял о вещах, которые теперь публикую, но вовсе не с целью умалить заслугу тех, которые, не зная того, что мною было написано, пришли к исследованию подобных же вопросов, как это в действительности и произошло с двумя прекрасными геометрами, гг. Ньютоном и Лейбницем, изучавшими вопрос о форме стекол для собирания лучей при условии, когда одна из поверхностей стекла дана.

Можно было бы спросить, почему я так запоздал с опубликованием этого труда. Причина заключается в том, что я довольно небрежно написал его на языке, на котором его теперь и можно прочесть (по-французски), с намерением перевести затем на латинский язык, чтобы, таким образом, с большим вниманием отнестись к его содержанию. После этого я предполагал его издать вместе с другим трактатом по диоптрике, в котором я объясняю действие телескопов и другие относящиеся к этой

науке вещи. Но так как прелесть новизны уже пропала, то я все откладывал исполнение этого намерения, и не знаю, когда бы я еще мог его выполнить, так как меня часто отвлекают или дела, или какие-нибудь новые занятия. Приняв это во внимание, я, наконец, решил, что лучше опубликовать это сочинение так, как оно есть, чем, продолжая выжидать, рисковать тем, что оно пропадет.

Доказательства, приводимые в этом трактате, отнюдь не обладают той же достоверностью, как геометрические доказательства, и даже весьма сильно от них отличаются, так как в то время, как геометры доказывают свои предложения с помощью достоверных и неоспоримых принципов, в данном случае принципы подтверждаются при помощи получаемых из них выводов; природа изучаемого вопроса не допускает, чтобы это происходило иначе. Все же при этом можно достигнуть такой степени правдоподобия, которая часто вовсе не уступает полной очевидности. Это случается именно тогда, когда вещи, доказанные с помощью этих предполагаемых принципов, совершенно согласуются с явлениями, обнаруживаемыми на опыте, особенно, когда таких опытов много и — что еще важнее — главным образом, когда открываются и предвидятся новые явления, вытекающие из применяемых гипотез, и оказывается, что успех опыта в этом отношении соответствует нашему ожиданию. Если в проведенном мной исследовании все эти доказательства правдоподобия имеются — а мне представляется, что дело как раз так и обстоит,— то это должно служить весьма сильным подтверждением успеха моего исследования, и вряд ли положение вещей может значительно отличаться от того, каким я его изображаю. Мне хочется верить, что те, кто любят познавать причины явлений и умеют восхищаться чудесными явлениями света, найдут некоторое удовлетворение при ознакомлении с различными изложенными здесь размышлениями о свете и с новым объяснением его замечательнейшего свойства, составляющего главную основу устройства наших глаз и тех великих изобретений, которые столь расширяют возможность ими пользоваться. Я надеюсь также, что найдутся позднейшие исследователи, которые, продолжив начатое здесь, проникнут глубже, нежели я сам это сделал, в область этих далеко еще не исчерпанных изысканий. Это относится к отмеченным мною местам, в которых некоторые трудности оставлены мною не разрешенными, а в особенности к тем вопросам, которых я вовсе не коснулся, как, например, к вопросу о различных самосветящихся телах, а также всему тому, что касается цвета,— в этой области никто до сих пор не может похвастаться успехом. Наконец, в природе света остается для исследований значительно более того, чем, думается мне, сделано мною, и я буду весьма обязан тому, кто сможет восполнить то, что осталось для меня неизвестным.

Гаага, 8 января 1690 г.



НЬЮТОН

(1643—1727)

«Жизнь Ньютона бедна внешними событиями, хотя он родился в год гражданской войны в Англии, пережил казнь Карла I, правление Кромвеля, реставрацию Стюартов». Так начинает С. И. Вавилов свою известную биографию Ньютона.

Исаак Ньютон родился в деревне Вулстроп, в Линкольншире, в 200 *км* к северу от Лондона. Мать Ньютона происходила из простой фермерской семьи; знавшие характеризовали ее как женщину «исключительных достоинств и доброты». Отец Ньютона был «диким, чудны́м и слабым человеком»; он умер до появления сына на свет, который родился преждевременно и слабым. Тем не менее Ньютон отличался хорошим здоровьем: он прожил до 84 лет.

Воспитывался Ньютон в доме своей прабабки Эйскоу. В школе он учился в Гретхеме, недалеко от Вульстропа. Когда ему исполнилось 18 лет, по совету своего дяди, священника Эйскоу, он поступил в Тринити-колледж Кембриджского университета. В 1665 г. он стал бакалавром; годом раньше попытка получить эту первую ученую степень была неудачной из-за неудовлетворительного экзамена по геометрии!

Исключительными для Ньютона, а по существу и для науки, оказались 1665—1667 годы, проведенные Ньютоном в тиши родной деревни, куда он уехал, спасаясь от

свирепствовавшей тогда чумы. Именно за эти два года уединения и сосредоточения были совершены его исследования по оптике: он разложил белый свет в спектр, нашел кольца, названные кольцами Ньютона, предложил отражательный телескоп. Тогда же им были получены важнейшие результаты в области механики, открыто разложение бинома и изобретен анализ. В эти же годы он наметил программу исследований по физике, осуществлению которой посвятил свою жизнь.

Возвратившись в Кембридж, Ньютон в 1668 г. стал магистром и членом Тринити-колледж. В следующем году он занял Люкасовскую кафедру, оставленную его учителем и другом Барроу. Свою первую работу по оптике Ньютон представил в Королевское общество в 1672 г. и вскоре стал членом этого общества. Ньютон занимался также химией, изобретая сплавы для зеркального телескопа, и алхимией, пытаясь получить золото. Правда, в этой области он не опубликовал ни строчки.

Привлеченный письмами Гука к проблеме объяснения движения Луны и планет с помощью силы тяготения, меняющейся обратно пропорционально квадрату расстояния, Ньютон обратился к небесной механике, и в 1679 г. дал вывод законов Кеплера. Результаты его исследований, приведших к созданию классической механики, были изложены в «Математических началах натуральной философии», опубликованных в 1686 г. По-видимому, усилия, связанные с созданием этой великой книги, написанной за полтора года, отразились на состоянии Ньютона, и некоторое время он страдал нервным расстройством. В последующие годы он все меньше занимался наукой, исследуя, главным образом, движение Луны с использованием очень точных наблюдений первого королевского астронома Флемстида.

В последние годы жизни Ньютон занялся богословием. Однако подход Ньютона к священному писанию привел его точный ум к противоречию с догматами церкви, что в то время было далеко небезопасно. По-видимому, только благодаря вмешательству влиятельных друзей, его удалось отвлечь от этих занятий. В 1696 г. Ньютон переехал в Лондон, где был назначен сначала хранителем, а потом директором Монетного двора.

В 1701 г. Ньютон был выбран членом парламента от Кембриджского университета и, наконец, в 1703 г. он стал президентом Королевского общества, которым оставался до своей смерти. Похоронен Ньютон в Вестминстерском аббатстве.

Ньютон не был женат, у него было мало друзей. Он никогда не покидал пределов Англии. Жизнь его прошла замкнуто и однообразно. К концу жизни он стал нетерпимым к критике, много сил и чувств потратил на споры о приоритете с Гуком, Флемстидом, Лейбницем; тем не менее он нехотя и медленно публиковал свои результаты. Так, его «Оптика» вышла только в 1704 г., после смерти Гука.

Мы приводим предисловие к первому изданию «Начал», а также введение и правила философствования, данные в третьей части этого труда. С латинского «Начала» были переведены на русский в 1915 г. академиком А. Н. Крыловым; мы сохранили часть его примечаний к этому известному переводу. Мы также приводим краткое предисловие Ньютона к «Оптике» в переводе академика С. И. Вавилова.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАЧАЛА НАТУРАЛЬНОЙ ФИЛОСОФИИ

Предисловие

Так как древние, по словам Паппуса, придавали большое значение механике при изучении природы, то новейшие авторы, отбросив субстанции и скрытые свойства, стараются подчинить явления природы законам математики.

В этом сочинении имеется в виду тщательное развитие приложений математики к физике [1].

Древние рассматривали механику двояко: как *рациональную* (умозрительную), развиваемую точными доказательствами, и как *практическую*. К практической механике относятся все ремесла и производства, именуемые механическими, от которых получила свое название и самая *механика*.

Так как ремесленники довольствуются в работе лишь малой степенью точности, то образовалось мнение, что механика тем отличается от геометрии, что все вполне точное принадлежит к геометрии, менее точное относится к механике. Но погрешности заключаются не в самом ремесле или искусстве, а принадлежат исполнителю работы: кто работает с меньшей точностью, тот — худший механик, и если бы кто-нибудь смог исполнять изделия с совершеннейшей точностью, тот был бы наилучшим из всех механиков.

Однако самое проведение прямых линий и кругов, служащее основанием геометрии, в сущности относится к механике. Геометрия не учит тому, *как* проводить эти линии, но предполагает (постулирует) выполнимость этих построений. Предполагается также, что приступающий к изучению геометрии уже ранее научился точно чертить круги и прямые линии; в геометрии показывается лишь, каким образом при помощи проведения этих линий решаются разные вопросы и задачи. Само по себе черчение прямой и круга составляет также задачу, но только не геометрическую. Решение этой задачи заимствуется из механики, геометрия учит лишь пользованию этими решениями. Геометрия за то и прославляется, что, заимствовав извне столь мало основных положений, она столь многого достигает.

Итак, геометрия основывается на механической практике и есть не что иное, как та часть *общей механики*, в которой излагается и доказывается искусство точного измерения. Но так как в ремеслах и произ-

[1] При современной терминологии заглавие сочинения Ньютона: «Philosophial Naturalis Principia Mathematica» наиболее точно передается словами: «Математические основания физики». Термин «Натуральная или естественная философия» — «Natural Philosophy» удержался и до сих пор в английской литературе; так, например, озаглавлено знаменитое сочинение В. Томсона и Тэйта (см. стр. 185— *Ред.*) — *Прим. А. Н. Крылова.*

водствах приходится по большей части иметь дело с движением тел, то обыкновенно все, касающееся лишь величины, относят к геометрии, все же, касающееся движения,— к механике.

В этом смысле *рациональная механика* есть учение о движениях, производимых какими бы то ни было силами, и о силах, требуемых для производства каких бы то ни было движений, точно изложенное и доказанное.

Древними эта часть механики была разработана лишь в виде учения о пяти машинах[1], применяемых в ремеслах; при этом даже тяжесть (так как это не есть усилие, производимое руками) рассматривалась ими не как сила, а лишь как грузы, движимые сказанными машинами. Мы же, рассуждая не о ремеслах, а об учении о природе и, следовательно, не об усилиях, производимых руками, а о силах природы, будем заниматься главным образом тем, что относится к тяжести, легкости, силе упругости, сопротивлению жидкостей и к тому подобным притягательным или напирающим силам. Поэтому и сочинение это нами предлагается как математические основания физики. Вся трудность физики, как будет видно, состоит в том, чтобы по явлениям движения распознать силы природы, а затем по этим силам объяснить остальные явления. Для этой цели предназначены общие предложения, изложенные в книгах первой и второй. В третьей же книге мы даем пример вышеупомянутого приложения, объясняя систему мира, ибо здесь из небесных явлений, при помощи предложений, доказанных в предыдущих книгах, математически выводятся силы тяготения тел к Солнцу и отдельным планетам. Затем по этим силам, также при помощи математических предложений, выводятся движения планет, комет, Луны и моря. Было бы желательно вывести из начал механики и остальные явления природы, рассуждая подобным же образом, ибо многое заставляет меня предполагать, что все эти явления обусловливаются некоторыми силами, с которыми частицы тел, вследствие причин покуда неизвестных, или стремятся друг к другу и сцепляются в правильные фигуры, или же взаимно отталкиваются друг от друга. Так как эти силы неизвестны, то до сих пор попытки философов объяснить явления природы остались бесплодными. Я надеюсь, однако, что или этому способу рассуждения, или другому, более правильному, изложенные здесь основания доставят некоторое освещение.

При издании этого сочинения оказал содействие остроумнейший и во всех областях науки ученейший муж Эдмунд Галлей, который не только правил типографские корректуры и озаботился изготовлением рисунков, но даже по его лишь настояниям я приступил и к самому изданию. Получив от меня доказательства вида орбит небесных тел, он непрестанно

---

[1] Основные машины, рассматривавшиеся древними авторами, суть: vectis — рычаг, axis in peritrochio — ворот, trochlea seu polispastus — блок, cochlea — винт, cuneus — клин. Эти-то пять машин и подразумевал Ньютон.— *Прим. А. Н. Крылова.*

настаивал, чтобы я сообщил их Королевскому обществу, которое затем своим благосклонным вниманием и заботливостью заставило меня подумать о выпуске их в свет. После того я занялся исследованием неравенств движения Луны, затем я попробовал сделать другие приложения, относящиеся: к законам и измерению сил тяготения и других; к исследованию вида путей, описываемых телами под действием притяжения, следующего какому-либо закону; к движению многих тел друг относительно друга; к движению тел в сопротивляющейся среде; к силам, плотностям и движениям среды; к исследованию орбит комет и к тому подобным вопросам; вследствие этого я отложил издание до другого времени, чтобы все это обработать и выпустить в свет совместно.

Все относящееся к движению Луны (как не совершенное) сведено в следствиях предложения LXVI, чтобы не прибегать к отдельным доказательствам и к сложным методам, не соответствующим важности предмета, а также чтобы не прерывать последовательности прочих предложений. Кое-что, найденное мною впоследствии, я предпочел вставить, может быть, и в менее подходящих местах, нежели изменять нумерацию предложений и ссылок. Я усерднейше прошу о том, чтобы все здесь изложенное читалось с благосклонностью и чтобы недостатки в столь трудном предмете не осуждались бы, а пополнялись новыми трудами и исследованиями читателей.

Дано в Кембридже Тринити-колледж 8 мая 1686 г.

О СИСТЕМЕ МИРА

Введение

В предыдущих книгах я изложил начала философии, не столько чисто философские, сколько математические, однако такие, что на них могут быть обоснованы рассуждения о вопросах физических. Таковы законы и условия движений и сил, имеющие прямое отношение к физике. Чтобы они не казались бесплодными, я пояснил их некоторыми физическими поучениями, рассматривая те общие вопросы, на которых физика, главным образом, основывается, как-то: о плотности и сопротивлении тел, о пространствах, свободных от каких-либо тел, о движениях света и звука. Остается изложить, исходя из тех же начал, учение о строении системы мира. Я составил сперва об этом предмете книгу III, придерживаясь популярного изложения, так чтобы она читалась многими. Но затем, чтобы те, кто, недостаточно поняв начальные положения, а потому совершенно не уяснив силы их следствий и не отбросив привычных им в продолжение многих лет предрассудков, не вовлекли бы дело в пререкания, я переложил сущность этой книги в ряд предложений, по математическому обычаю, так чтобы они читались лишь теми, кто сперва

овладел началами. Ввиду же того, что в началах предложений весьма много, и даже читателю, знающему математику, потребовалось бы слишком много времени, я вовсе не настаиваю, чтобы он овладел ими всеми. Достаточно, если кто тщательно прочтет определения, законы движения и первые три отдела книги I и затем перейдет к книге III о системе мира; из прочих же предложений предыдущих книг, если того пожелает, будет справляться в тех, на которые есть ссылки.

ПРАВИЛА УМОЗАКЛЮЧЕНИЙ В ФИЗИКЕ [1]

Правило I

Не должно принимать в природе иных причин сверх тех, которые истинны и достаточны для объяснения явлений.

По этому поводу философы утверждают, что природа ничего не делает напрасно, а было бы напрасным совершать многим то, что может быть сделано меньшим. Природа проста и не роскошествует излишними причинами вещей.

---

[1] Заглавие в подлиннике есть «Regulae philosophandi», т. е. «Правила философствования». Уже не раз приходилось обращать внимание на тогдашнюю терминологию, удержавшуюся в английском языке и по теперешнее время. По этой терминологии натуральной философией называлась наука о природе вообще, в частности физика, под словом physics разумеется медицина.

В те времена была гораздо более тесная связь между «философией» и «физикой» в теперешнем смысле этих слов. Так, Маклорен свой «Отчет о философских открытиях Ньютона» начинает словами: «Описывать *явления* природы, объяснять их причины, намечать соотношения между этими причинами и исследовать все устройство Вселенной есть задача натуральной философии... Но натуральная философия подчинена и высшего рода целям и должна, главным образом, цениться потому, что она устанавливает надежное основание естественной религии и нравственной философии, приводя удовлетворительным образом к познанию Творца и Вседержителя Вселенной».

Философские системы, в особенности декартова, тогда еще прочно царили над учением о природе и мироздании. Ньютоново воззрение, что при изучении природы надо от наблюдаемых явлений восходить к установлению причин, коими они объясняются, шло в разрез с декартовым учением, согласно которому надо проницательностью ума вперед установить первопричины и из них выводить следствия.

С другой стороны, философия близко примыкала к религии и богословию; связь эта была не только свободною, но и насильственною, чему примером может служить следующее «*Заявление о. Лесера и Жакье*», предпосланное третьему тому их издания ньютоновых «Начал» 1760 г.: «Ньютон в этой книге III принимает гипотезу о движении Земли. Предложения автора не могут быть объяснены иначе, как на основании сделанной гипотезы. Таким образом, мы вынуждены выступать от чужого имени. Сами же мы открыто заявляем, что мы следуем постановлениям, изданным верховными первосвященниками против движения Земли». Это заявление не помешало, однако, ученым отцам-иезуитам к 140 страницам, составляющим книгу III «Начал» Ньютона, добавить в своем издании 540 страниц толкований, из которых видно, что движение Земли едва ли рассматривалось ими как гипотеза, отринутая постановлениями римских пап и уже по одному этому неверная.— *Прим. А. Н. Крылова.*

Правило II

Поэтому, поскольку возможно, должно приписывать те же причины того же рода проявлениям природы.

Так, например, дыханию людей и животных, падению камней в Европе и в Америке, свету кухонного очага и Солнца, отражению света на Земле и на планетах.

Правило III

Такие свойства тел, которые не могут быть ни усиляемы, ни ослабляемы и которые оказываются присущими всем телам, над которыми возможно производить испытания, должны быть почитаемы за свойства всех тел вообще.

Свойства тел постигаются не иначе, как испытаниями; следовательно, за общие свойства надо принимать те, которые постоянно при опытах обнаруживаются и которые, как не подлежащие уменьшению, устранены быть не могут. Понятно, что вопреки ряду опытов не следует измышлять на авось каких-либо бредней, не следует также уклоняться от сходственности в природе, ибо природа всегда и проста и всегда сама с собой согласна.

Протяженность тел распознается не иначе, как нашими чувствами, тела же не всем чувствам доступны, но так как это свойство присуще всем телам, доступным чувствам, то оно и приписывается всем телам вообще. Опыт показывает, что многие тела тверды. Но твердость целого происходит от твердости частей его, поэтому мы по справедливости заключаем, что не только у тех тел, которые нашим чувствам представляются твердыми, но и у всех других неделимые частицы тверды. О том, что все тела непроницаемы, мы заключаем не по отвлеченному рассуждению, а по свидетельству чувств. Все тела, с которыми мы имеем дело, оказываются непроницаемыми, отсюда мы заключаем, что непроницаемость есть общее свойство всех тел вообще. О том, что все тела подвижны и, вследствие некоторых сил (которые мы называем силами инерции), продолжают сохранять свое движение или покой, мы заключаем по этим свойствам тех тел, которые мы видим. Протяженность, твердость, непроницаемость, подвижность и инертность целого происходит от протяженности, твердости, непроницаемости, подвижности и инерции частей, отсюда мы заключаем, что все малейшие частицы всех тел протяженны, тверды, непроницаемы, подвижны и обладают инерцией. Таково основание всей физики. Далее мы знаем по совершающимся явлениям, что делимые, но смежные части тел могут быть разлучены друг от друга; из математики же следует, что в нераздельных частицах могут быть мысленно различаемы еще меньшие части. Однако неизвестно, могут ли эти различные частицы, до сих пор не разделенные, быть разделены и разлучены друг от друга силами природы. Но если бы, хотя бы един-

ственным опытом, было установлено, что некоторая неделимая частица при разломе твердого и крепкого тела подвергается делению, то в силу этого правила мы бы заключили, что не только делимые части разлучаемы, но что и неделимые могут быть делимы до бесконечности и действительно разлучены друг от друга.

Наконец, как опытами, так и астрономическими наблюдениями устанавливается, что все тела по соседству с Землею тяготеют к Земле, и притом пропорционально количеству материи каждого из них; так, Луна тяготеет к Земле пропорционально своей массе, и взаимно наши моря тяготеют к Луне, все планеты тяготеют друг к другу; подобно этому и тяготение комет к Солнцу. На основании этого правила надо утверждать, что все тела тяготеют друг к другу. Всеобщее тяготение подтверждается явлениями даже сильнее, нежели непроницаемость тел, для которой по отношению к телам небесным мы не имеем никакого опыта и никакого наблюдения. Однако я отнюдь не утверждаю, что тяготение существенно для тел. Под врожденною силою я разумею единственно только силу инерции. Она неизменна. Тяжесть при удалении от Земли уменьшается.

Правило IV

В опытной физике предложения, выведенные из совершающихся явлений с помощью наведения, несмотря на возможность противных им предположений, должны быть почитаемы за верные либо в точности, либо приближенно, пока не обнаружатся такие явления, которыми они еще более уточнятся или же окажутся подверженными исключениям.

Так дóлжно поступать, чтобы доводы наведения не уничтожались предположениями.

ОПТИКА
ИЛИ ТРАКТАТ ОБ ОТРАЖЕНИЯХ, ПРЕЛОМЛЕНИЯХ, ИЗГИБАНИЯХ И ЦВЕТАХ СВЕТА

Часть последующего рассуждения о свете была написана по желанию некоторых джентльменов Королевского общества в 1675 году, послана тогда же секретарю Общества и зачитана на собраниях. Остальное было прибавлено приблизительно двенадцать лет спустя для дополнения теории, за исключением третьей книги и последнего предложения второй, взятых из разрозненных записок. Дабы избежать вовлечения в споры об этих предметах, я откладывал до сих пор печатание и откладывал бы и дальше, если бы настойчивость друзей не взяла верх надо мною. Если выпущены иные мемуары, написанные по тому же предмету, они несовершенны и были, возможно, написаны до того, как я произвел все опыты, изложенные здесь, и окончательно убедился в отношении законов преломлений и сложения цветов. Я опубликовал здесь то, что считаю подходящим для сообщения, и высказываю желание, чтобы книга не переводилась на другой язык без моего согласия.

Я стремился дать понятие о цветных коронах, иногда появляющихся вокруг Солнца и Луны, но за отсутствием достаточных наблюдений оставляю этот предмет для дальнейшего исследования. Материал третьей книги я также оставил несовершенным, я не выполнил всех опытов, которые намеревался сделать, когда занимался этими предметами, и не повторил некоторых опытов, сделанных раньше, так, чтобы быть удовлетворенным относительно всех обстоятельств этих опытов. Единственная моя цель при опубликовании этих статей — сообщить о том, что я испробовал, и предоставить остальное другим для дальнейшего исследования.

В одном письме, написанном г-ну Лейбницу в 1679 году и опубликованном д-ром Валлисом, я указал на метод, при помощи которого я нашел несколько общих теорем относительно квадратуры криволинейных фигур и сравнения их с коническими сечениями или иными простейшими фигурами, с которыми они могут быть сравнены. Несколько лет спустя я передал рукопись, содержащую эти теоремы; обнаружив после этого некоторые вещи, скопированные с рукописи, я по этому случаю его опубликовываю, предпосылая введение и присоединив поучение, касающееся указанного метода. Я добавил к нему и другой маленький трактат, касающийся криволинейных фигур второго рода, написанный также много лет тому назад и ставший известным некоторым друзьям, которые и побудили к его опубликованию.

Апрель 1,
1704.

III. ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА XVIII ВЕКА



ЭЙЛЕР

(1707—1783)

Леонард Эйлер родился в Базеле в семье пастора. Своим начальным образованием он обязан в значительной мере отцу. Высшее образование Эйлер получил в Базельском университете; там он познакомился с братьями Бернулли. Помимо математики, которую читал их отец, Иоганн Бернулли, Эйлер изучал богословие, восточные языки, физиологию. Когда Эйлеру было 20 лет, по приглашению Екатерины I он прибыл в Петербург в незадолго до этого основанную по указу Петра I Петербургскую Академию наук, где уже работал его друг Даниил Бернулли. В 1741 г. вследствие сложной политической обстановки в России, Эйлер покинул Петербург и переехал в Берлин, став членом Берлинской Академии наук. Однако в 1766 г., по настоянию Екатерины II, Эйлер вернулся в Петербург, где он работал до конца жизни; ныне его прах находится в Ленинградском некрополе.

В жизни Эйлер был скромным и тихим человеком; современники свидетельствуют даже об ограниченности его интересов вне области науки, которая всецело его поглощала. Он был счастливо женат и имел 13 детей, из которых 5 пережили отца. Под конец жизни Эйлер ослеп, но это мало повлияло на его научную продуктивность. Всего им было написано более 800 работ; полное собрание его сочинений — более

80 томов — издается еще до сих пор Швейцарской Академией и Академией наук СССР. Парижская Академия наук 20 раз удостаивала его премий (на общую сумму около 30 000 ливров), больше, чем кого бы то ни было из современников.

Дать даже краткий обзор научного наследия Эйлера невозможно. Мы отметим его работы по анализу, где он не только придал дифференциальному и интегральному исчислению вид, близкий к современному, но и решил множество частных задач. Замечательное по своей ясности общедоступное изложение современного ему естествознания было дано Эйлером в «Письмах к некой германской принцессе» (племяннице Фридриха II), собранных в трех томах; при жизни Эйлера эти «Письма» издавались более 20 раз практически на всех языках Европы.

Велик был вклад Эйлера в астрономию и прикладную механику. С именем Эйлера связаны основные уравнения движения твердого тела и жидкости. Им было создано вариационное исчисление, и Эйлера по праву можно считать основателем математической физики в современном смысле слова. Его вклад в чистую математику, в такие ее обрасти, как алгебра, теория чисел, геометрия, был очень значителен. Для Эйлера математика была едина: в ней он видел как цель исследований, так и могучий метод решения конкретных задач.

Из всего обширного наследия Эйлера мы приводим предисловия к его «Механике», опубликованной в С.-Петербурге в 1736 г., и к «Введению в анализ бесконечно малых» (1748), сыгравшему исключительную роль в развитии анализа. После первых исследований Ньютона, Лейбница, братьев Бернулли, Лопиталя, основы дифференциального и интегрального исчисления были изложены как единая система.

МЕХАНИКА

Термин «механика» задолго до нашего времени приобрел двоякое значение, и даже теперь этим словом называются две науки, совершенно различные между собой как по своим принципам, так и по предмету своего исследования. Слово «механика» обычно прилагается как к той науке, которая трактует о равновесии сил и их взаимном сравнении, так и к той, в которой исследуется сама природа движения, его происхождение и изменение. Хотя и в этой последней дисциплине главным образом рассматриваются также силы, так как ими производится и изменяется движение, однако метод трактовки этого вопроса сильно отличается от первой науки. Поэтому во избежание всякого недоразумения лучше будет ту науку, в которой рассматривается равновесие сил и их сравнение, называть статикой, другой же науке — науке о движении — дать наименование «механика»; ведь в таком смысле эти термины обычно употреблялись повсюду и раньше.

Кроме того, между этими дисциплинами лежит огромное различие во времени. Если статику стали разрабатывать еще до Архимеда, то первые основы механики заложены только Галилеем, его исследованиями о падении тяжелых тел.

В последнее время, после открытия анализа бесконечно малых, обе эти науки настолько обогатились, что все добытое с таким трудом раньше за столь долгий промежуток времени, можно сказать, почти исчезло сравнительно с этим новым материалом. Однако все эти столь многочисленные открытия, которыми эти науки к нашему времени так сильно обогатились и так далеко продвинулись вперед, рассеяны в столь многочисленных журналах и отдельных работах, что для человека, занимающегося этими вопросами, является делом крайне трудным все это найти и пересмотреть. Кроме того,— что создает особые затруднения,— некоторые из них предложены без всякого анализа и доказательств, другие подкреплены доказательствами, чрезмерно запутанными и составленными по образцу древних, иные, наконец, выведены из чужих и менее естественных принципов, так что понять и объяснить их можно только ценой величайшего труда и огромной потери времени.

Что касается статики, то почти полную и во всех отношениях прекрасную работу издал на французском языке Вариньон в двух солидных томах. Хотя эта работа носит заглавие «Механика», она вся посвящена определению равновесия сил, приложенных к разного рода телам; в ней нет почти ничего, что касалось бы движения и той науки, которую здесь мы назвали механикой. Точно так же известный ученый Вольф в своих «Началах наук», особенно в новейшем их издании, дал много блестящих страниц в «Элементах механики», касающихся как статики, так и механики; но он соединил их вместе и не делал никакого различия между этими двумя науками. Намеченные границы и самый характер произведения, по-видимому, не позволили ему разграничить эти науки между собой и, с другой стороны, достаточно полно изложить каждую из них. Я не знаю, вышла ли в свет какая-либо другая работа, кроме «Форономии» Эрмана, в которой это учение о движении было бы разобрано совершенно отдельно и обогащено столь многими блестящими вновь открытыми положениями. Эрман и сам внес в эту науку много нового; вместе с тем он прибавил и собрал здесь все то, что за это время было открыто стараниями других ученых. Но так как он хотел охватить в этом не очень большом труде, кроме механики, еще и другие смежные науки, а именно статику и гидростатику вместе с гидравликой, то ему оставалось очень мало места для изложения механики; вследствие этого все то, что касается этой науки, он вынужден был изложить в краткой и отрывочной форме. Кроме того,— что особенно мешает читателю,— все это он провел по обычаю древних при помощи синтетически геометрических доказательств и не применил анализа, благодаря которому только и можно достигнуть полного понимания этого предмета. Приблизительно таким же образом написана работа Ньютона «Математические начала

натуральной философии», благодаря которой наука о движении получила наибольшее развитие.

Однако, если анализ где-либо и необходим, так это особенно относится к механике. Хотя читатель и убеждается в истине выставленных предложений, но он не получает достаточно ясного и точного их понимания, так что, если чуть-чуть изменить те же самые вопросы, он едва ли будет в состоянии разрешить их самостоятельно, если не прибегнет сам к анализу и те же предложения не разрешит аналитическим методом. Это как раз случилось со мной, когда я начал знакомиться с «Началами» Ньютона и «Форономией» Эрмана; хотя мне казалось, что я достаточно ясно понял решение многих задач, однако задач, чуть отступающих от них, я уже решить не мог. И вот тогда-то я попытался, насколько умел, выделить анализ из этого синтетического метода и те же предложения для собственной пользы проработать аналитически; благодаря этому я значительно лучше понял суть вопроса. Затем таким же образом я исследовал и другие работы, относящиеся к этой науке, разбросанные по многим местам, и лично для себя изложил их планомерным и однообразным методом и привел в удобный порядок. При этих занятиях я не только встретился с целым рядом вопросов, ранее совершенно не затронутых, которые я удачно разрешил, но я нашел много новых методов, благодаря которым не только механика, но и самый анализ, по-видимому, в значительной степени обогатился. Таким образом и возникло это сочинение о движении, в котором я изложил аналитическим методом и в удобном порядке как то, что нашел у других в их работах о движении тел, так и то, что получил в результате своих размышлений.

В основу разделения этого сочинения я положил как различие тел, которые движутся, так и их состояние — свободное или несвободное. Самый характер тел дал мне это разделение, так что сначала я стал исследовать движение тел бесконечно малых и как бы точек, а затем я перешел к телам конечной величины,— и при этом или к твердым, или к гибким, или состоящим из частей, которые совершенно расходятся друг с другом.

Подобно тому как в геометрии, в которой излагается измерение тел, изложение обыкновенно начинается с точки, точно так же и движение тел конечной величины не может быть объяснено, пока не будет тщательно исследовано движение точек, из которых, как мы понимаем, составлены тела. Ведь нельзя наблюдать и определить движения тела, имеющего конечную величину, не определив сначала, какое движение имеет каждая его маленькая частичка или точка. Вследствие этого изложение вопроса о движении точек есть основа и главная часть всей механики, на которой основываются все остальные части. Для исследования вопроса о движении точек я предназначил эти два первых тома; в первом я рассмотрел свободные точки, во втором — несвободные. Но то, что я изложил в этих книгах, часто идет дальше, чем исследо-

вание об одних точках, и из него зачастую можно определить движение конечных тел,— разумеется, не всякое, а то, благодаря которому отдельные части движутся совместно. Ведь из того положения, что брошенная в пустоте точка описывает параболу, можно также сделать вывод, что всякое конечное тело, если оно будет брошено, должно двигаться по параболе; однако отсюда еще не следует закона о движении отдельных частей, и этот последний вопрос будет специально разобран в следующих книгах, в которых определяется движение конечных тел. Равным образом то, что Ньютон доказал относительно движения тел, побуждаемых центростремительными силами, имеет значение только для точек, а между тем он правильно применил эти предложения также и к движению планет.

Итак, в этом первом томе я подвергаю исследованию свободные точки и наблюдаю, какое изменение движения вызывают в них любые движущие их силы; свободным же, с моей точки зрения, тело является тогда, если ему ничто не мешает, чтобы оно двигалось с той скоростью и в том направлении, которое оно должно иметь как вследствие присущего ему движения, так и вследствие движущих его сил. Так, говорят, что планеты и тела на Земле, падающие или брошенные вверх, движутся свободно, так как при этом движении они следуют как врожденной силе, так и действию движущих сил; напротив, тело, падающее по наклонной плоскости, или качающийся маятник, движется несвободно, так как находящаяся внизу плоскость или нить маятника, прикрепленная другим концом, препятствует телу падать прямо, как этого требует сила тяжести.

В первой главе я излагаю основные свойства движения и то, что обычно говорят о скорости, о пути и о времени. Затем я указываю всеобщие законы природы, которым следует свободное тело, не подверженное действию сил. Тело подобного рода, раз оно находится в состоянии покоя, должно вечно пребывать в покое; если же оно имело движение, оно вечно должно двигаться с той же скоростью по прямому направлению. Оба эти закона наиболее удобно можно представить под именем закона сохранения состояния. Отсюда вытекает, что сохранение состояния является существенным свойством всех тел и что все тела, пока они остаются таковыми, имеют стремление или способность навсегда сохранять свое состояние, а это есть не что иное, как сила инерции. Правда, не очень удачно причине этого сохранения дано имя силы, так как она неравноценна другим собственно так называемым силам, каковы, например, сила тяжести, и с ними не может сравниваться. В эту ошибку обычно впадали многие и прежде всего метафизики, обманутые двусмысленностью этого слова. Так как всякое тело по своей природе пребывает в том же состоянии или покоя, или движения, то если тело не следует этому закону, но движется или неравномерно, или по кривой,— это нужно приписать действию внешних сил. Такого рода внешними силами являются силы, о равновесии и сравнении которых трактуется в статике

и которые, воздействуя на тело, изменяют его состояние, или приводя его в движение, или ускоряя, или замедляя, или же, наконец, меняя его направление.

Во второй главе я исследую, какого рода действие должна проявлять каждая сила по отношению к свободной точке, либо находящейся в покое, либо движущейся. Отсюда выводятся истинные принципы механики, которыми дóлжно объяснить все, что касается изменения движения. Так как до сих пор они были подкреплены слишком слабыми доказательствами, я доказал их так, чтобы для всякого было ясно, что они не только достоверны, но с полной необходимостью являются истинными.

Изложив принципы, на основании которых можно понять, каким образом, с одной стороны, сохраняется движение, с другой,— оно возникает или изменяется под влиянием сил, я перехожу к определению и исследованию самого движения тел, как-либо приведенных в движение при помощи сил. И прежде всего, конечно, я рассматриваю прямолинейное движение как самое легкое для определения; оно возникает, если под действием одной только силы свободная точка либо бывшая в состоянии покоя приводится в движение, либо находящаяся уже в движении, ускоряется или замедляется в направлении действующей силы. Этому исследованию я посвятил третью и четвертую главы. В первой из них я исследую прямолинейное движение в пустом пространстве, во второй — то же прямолинейное движение в так или иначе сопротивляющейся среде. Хотя сопротивление можно свести к собственно так называемым силам, в этом сочинении мне показалось полезным изложить учение об изменении движения отдельно от сопротивления как по примеру других, которые писали по этому вопросу, так и вследствие существенной разницы, которая существует между абсолютными силами и сопротивлением. Ведь абсолютная или собственно так называемая сила имеет определенное, от движения тела не зависящее направление и сверх того одинаково воздействует как на тело, находящееся в движении, так и на тело, находящееся в покое; наоборот, направление сопротивления всегда совпадает с направлением самого движущегося тела и его величина зависит от скорости тела. Хотя в природе не встречается другого сопротивления, кроме того, которое пропорционально квадрату скорости, но я рассмотрел еще некоторые другие виды сопротивлений как для того, чтобы дать решение большего количества задач, касающихся движения в сопротивляющейся среде, так и, главным образом, для того, чтобы иметь случай предложить много прекрасных примеров вычисления.

Наконец, в двух последних главах я рассмотрел криволинейные движения тел, которые возникают, когда направление движущих сил не совпадает с направлением брошенного тела. В этом случае тело постоянно отвлекается от прямого пути и принуждено двигаться по кривой. В пятой главе я изложил подобного рода криволинейное движение в пустоте, в шестой я рассмотрел его же в сопротивляющейся среде. Главные задачи, которые даны в этих главах, заключаются в том, чтобы опре-

делить кривую, по которой может двигаться любое брошенное тело, подверженное действию каких угодно сил, и вместе с тем дать скорость тела в отдельных точках этой кривой,— причем как в пустоте, так и в сопротивляющейся среде. Из этих основных предложений возникли тогда и другие, где или по данной кривой, описанной телом, или по тому или иному данному виду движения требуется найти как движущие силы, так и сопротивление. И в этом случае я прежде всего стремился к тому, чтобы охватить все относящиеся сюда задачи, разобранные Ньютоном и другими авторами, и дать настоящие решения на основе аналитического метода. На этом заканчивается первый том, который, равно как и второй, я составил так, чтобы человек, имеющий достаточный опыт в анализе конечных и бесконечных, мог с поразительной легкостью все это понять и все это произведение прочесть без чьей бы то ни было помощи.

ВВЕДЕНИЕ В АНАЛИЗ БЕСКОНЕЧНО МАЛЫХ

Нередко мне приходилось замечать, что бо́льшая часть трудностей, на которые наталкиваются в анализе бесконечно малых изучающие математику, возникает от того, что, едва усвоив элементарную алгебру, они направляют свои мысли к этому высокому искусству; вследствие чего они не только как бы остаются стоять на пороге, но и составляют себе превратные представления о той бесконечно малой величине, идея которой призывается на помощь. Хотя анализ бесконечно малых не требует совершенного знания элементарной алгебры и всех сюда относящихся искусств, однако есть много вопросов, разрешение которых важно для подготовки начинающих к более высокой науке и которые, однако, в элементарной алгебре либо пропускаются, либо рассматриваются не достаточно обстоятельно. Поэтому я не сомневаюсь, что содержание этих книг сможет восполнить с избытком указанный пробел. Я приложил старание не только к тому, чтобы пространнее и отчетливее, чем обычно, изложить все, чего безусловно требует анализ бесконечно малых; я рассмотрел также довольно много вопросов, благодаря которым читатели незаметно и как бы сверх ожидания могут освоиться с идеей бесконечного. Много вопросов, разрабатываемых обычно в анализе бесконечно малых, я здесь разрешил при помощи правил элементарной алгебры, чтобы тем лучше выявилась сущность того и другого метода.

Труд этот делится на две книги: в первой из них я охватил то, что относится к чистому анализу, во второй изложено все, что необходимо знать из геометрии, так как анализ бесконечно малых часто излагается так, что одновременно показывается и его приложение к геомет-

рии. В обеих книгах опущены первоначальные элементы, и ведется изложение лишь того, что либо в других местах вовсе не рассматривается или рассматривается менее удобно, либо требуется по тем или иным соображениям.

Учение о функциях особенно обстоятельно изложено в первой книге, так как весь анализ бесконечно малых вращается вокруг переменных величин и их функций. Там показано как преобразование функций, так и разложение их, а также развертывание в бесконечные ряды. Перечисляются многие виды функций, относительно которых речь должна идти преимущественно в высшем анализе. Прежде всего я разделил их на алгебраические и трансцендентные; первые из них образуются из переменных количеств путем алгебраических действий; вторые же составляются иными способами или посредством тех же действий, повторяемых бесконечное множество раз. Алгебраические функции разделяются прежде всего на рациональные и иррациональные; я показываю разложение первых из них как на более простые части, так и на множители; эта операция оказывает весьма большую помощь в интегральном исчислении. Для вторых я указываю способ приведения их к рациональной форме путем удобных подстановок. Развертывание в бесконечные ряды касается в одинаковой степени обоих видов; к трансцендентным функциям оно применяется обычно с огромной пользой, а в какой степени учение о бесконечных рядах расширило высший анализ,— это всем известно.

Поэтому я прибавил несколько глав, где рассматриваются свойства, а также суммы многих бесконечных рядов. Некоторые из них таковы, что вряд ли могли бы быть найдены без помощи анализа бесконечно малых. К рядам этого рода относятся те, суммы коих выражаются или посредством логарифмов, или при помощи круговых дуг [аркусов]; количества эти, будучи трансцендентными, так как они выражаются путем квадратуры гиперболы и круга, по большей части рассматриваются лишь в анализе бесконечно малых. Затем я перехожу от степеней к показательным количествам, представляющим не что иное, как степени с переменными показателями. От преобразований их я перехожу к весьма естественной и богатой идее логарифмов; отсюда не только вытекает, само собой, их весьма обширное применение, но также можно получить все те бесконечные ряды, посредством которых обычно представляются упомянутые количества. Из этого выясняется весьма простой способ составления логарифмических таблиц. Подобным образом я занимался рассмотрением дуг круга; этот род величин хотя и очень отличается от логарифмов, однако связан с ними настолько тесно, что, когда один из них получает мнимый вид, то переходит в другой. Повторив затем из геометрии относящееся к нахождению синусов и косинусов кратных и дробных дуг, я вывел из синуса любой дуги синус и косинус минимальной и как бы исчезающей дуги, и тем самым все свелось к бесконечным рядам. Отсюда, так как исчезающе малая дуга равна своему синусу, а косинус ее равен радиусу, я мог сравнить любую дугу с ее синусом и косинусом посред-

ством бесконечных рядов. Здесь я получил столь разнообразные как конечные, так и бесконечные выражения для количеств этого рода, что исчислению бесконечно малых не придется более широко заниматься исследованием их природы. Подобно тому как логарифмы требуют особого алгоритма, в котором ощущается крайне настоятельная потребность во всем анализе, так и круговые функции я привел к некоторому определенному алгоритму; таким образом, при вычислениях и логарифмы, и сами алгебраические количества могут применяться одинаково удобно. Как велика проистекающая отсюда польза для решения труднейших вопросов, ясно показывают как некоторые главы этой книги, так и весьма многие примеры из анализа бесконечно малых, которые можно было бы привести, если бы они не были уже достаточно известны и не увеличивались в числе с каждым днем.

Это исследование принесло весьма большую помощь при разложении дробных функций на вещественные множители; этот вопрос я рассмотрел подробнее, так как такое разложение совершенно необходимо в интегральном исчислении. Далее я подверг изучению бесконечные ряды, которые возникают из разложения функций этого рода и носят название рекуррентных. Здесь я вывел как их суммы, так и общие члены, а также другие замечательные их свойства; так как к этому привело разложение на множители, то я разобрал и обратную проблему, каким образом произведения многих, даже бесконечного числа, множителей путем перемножения развертываются в ряды. Это не только открывает путь к изучению бесчисленного количества рядов; так как этим способом можно разлагать ряды в произведения из бесконечного числа сомножителей, то я нашел довольно удобные числовые выражения для нахождения логарифмов синусов, косинусов и тангенсов. Кроме того, я вывел из того же источника решение многих вопросов, которые могут возникнуть при разбиении чисел на слагаемые; вопросы подобного рода без помощи этих приемов, по-видимому, превышают силы анализа.

Такое разнообразие материала легко могло разрастись на много томов; но я дал все, по мере возможности, настолько сжато, что всюду излагается — весьма, впрочем, ясно — лишь основное; более же подробная разработка предоставляется трудолюбию читателей, дабы они имели на чем упражнять свои силы, чтобы еще шире раздвинуть границы анализа. Не боюсь открыто заявить, что в этой книге не только содержится много совершенно нового, но также указаны источники, откуда можно черпать многие значительные открытия.

Точно так же я поступил и во второй книге, где исследовал вопросы, обычно относимые к высшей геометрии. Однако прежде чем приступить к коническим сечениям, к которым в других курсах обычно сводится вся эта часть, я изложил теорию кривых линий вообще, которая затем могла бы быть с пользой применена для изучения природы каких бы то ни было кривых линий. При этом я не пользуюсь никакими другими вспомогательными средствами, кроме уравнения, выражающего природу каждой

кривой линии, и показываю, как из этого уравнения можно вывести как вид кривой, так и ее основные свойства. Это особенно важно, как мне кажется, в применении к коническим сечениям, которые до сих пор изучались либо только при помощи геометрии, либо хотя и при помощи анализа, но весьма несовершенным и неестественным путем. Сперва я изложил общие свойства линий второго порядка, исходя из общего уравнения для этих линий; затем подразделил их на роды или виды, руководствуясь тем, имеют ли они ветви, уходящие в бесконечность, или же кривая заключена в конечном промежутке. В первом случае пришлось, сверх того, принять во внимание, сколько ветвей уходит в бесконечность и какова природа каждой из них, а также имеют ли они асимптотические прямые или нет. Так я получил три обычных вида конических сечений, из коих первый — эллипс, целиком заключенный в конечном промежутке, второй — гипербола, имеющая четыре бесконечные ветви, стремящиеся к двум асимптотическим кривым; третьим же видом является парабола, имеющая две бесконечные ветви, у коих отсутствуют асимптоты.

Далее, я сходным образом подверг исследованию линии третьего порядка, которые, изложив их общие свойства, я разделил на 16 родов, отнеся к этим родам все 72 вида, найденные Ньютоном. Самый же метод я настолько отчетливо описал, что деление по родам можно осуществить без труда для каждого из последующих порядков линий. Соответствующий опыт я и проделал применительно к линиям четвертого порядка.

Покончив с этими исследованиями, относящимися к порядку линий, я вернулся к описанию общих свойств всех линий. Я изложил метод определения касательных к кривым, их нормалей, а также и самой кривизны, выражаемой через радиус соприкасающегося круга. Все эти вопросы в настоящее время по большей части решаются с помощью дифференциального исчисления; однако я изложил их здесь только на основе общей алгебры, дабы сделать затем более легким переход от анализа конечных величин к анализу бесконечно малых. Я исследовал также точки перегиба кривых, угловые, двойные и кратные точки и изложил способ, при помощи которого все эти точки могут быть найдены из уравнений без всякого труда. Впрочем, я не отрицаю, что эти вопросы значительно легче разрешаются с помощью дифференциального исчисления. Я коснулся также спорного вопроса об угловой точке второго порядка в случае, когда обе дуги, сходящиеся в угловой точке, имеют кривизну, обращенную в одну и ту же сторону, и изложил этот вопрос так, что впредь он уже не может вызывать каких-либо сомнений.

Затем я прибавил несколько глав, в которых показываю, как найти кривые линии, обладающие заданными свойствами, и, наконец, дал решение ряда задач, касающихся отдельных рассечений круга.

Таковы те отделы геометрии, которые, по-видимому, наиболее полезны для изучения анализа бесконечно малых. В качестве приложения я изложил еще из области стереометрии вычислительную теорию тел и их

поверхностей и показал, каким образом природа каждой поверхности может быть выражена уравнением с тремя переменными. Разделив затем, подобно линиям, и поверхности на порядки сообразно числу измерений, которые имеют переменные в уравнении, я показал, что в первом порядке содержится только плоская поверхность. Поверхности же второго порядка, приняв во внимание части, простирающиеся в бесконечность, я разделил на шесть родов. Подобным же образом может быть произведено деление и для остальных порядков. Я подверг рассмотрению также и линии пересечения двух поверхностей; так как эти линии по большей части кривые, не лежащие в одной плоскости, я показал, как такие кривые могут быть выражены уравнениями. Наконец, я определил положение касательных плоскостей и прямых, являющихся нормалями к поверхностям.

Впрочем, так как многое, здесь встречающееся, описывалось уже другими, то мне надлежит просить снисхождения в том, что не везде я почтил упоминанием тех, кто до меня работал в этой области. Моей задачей было изложить все как можно короче; история же каждой проблемы сильно увеличила бы объем труда. Однако многие вопросы, решение которых можно найти также в иных местах, здесь разрешены исходя из других принципов; таким образом, немалая часть приходится и на мою долю. Надеюсь, что как это, так особенно и то совершенно новое, что здесь сообщается, будет принято с благодарностью большинством тех, кто находит вкус в этих занятиях.



Д. БЕРНУЛЛИ

(1700—1782)

К семейству Бернулли принадлежит ряд ученых, занимающих видное место в развитии математики и физики на рубеже XVII и XVIII веков. Происходящие из семьи состоятельных голландских купцов Бернулли переехали в Базель еще в XVI веке. Два старших брата, Яков (1654—1705) и Иоганн (1667—1748), наиболее известны работами в области анализа и теории вероятностей. Сыновья Иоганна Николай (1695—1726) и Даниил, родившийся в Гронингене, учились вместе с Эйлером и вместе с ним были приглашены в Академию наук в С.-Петербурге. Основанная Петром I Петербургская Академия в ту пору стала замечательным научным центром, а ее Комментарии, в первую очередь благодаря трудам Эйлера и Бернулли, привлекли к себе внимание всей ученой Европы.

Старший брат, Николай Бернулли, вскоре после прибытия в Петербург умер. Даниил, младший и более известный из двух братьев, работал в России в течение восьми лет, и именно в это время им была написана «Гидродинамика». Бернулли также работал в области анализа; в теории вероятностей им введено понятие морального ожидания. Но, может быть, наиболее значительными после работ по гидродинамике

(термин, предложенный Бернулли) были исследования по механике, в первую очередь, по теории колебаний.

В 1733 г. Даниил Бернулли вернулся в родной Базель, где стал сначала профессором анатомии и ботаники, затем — физики. Он получил 10 премий Парижской Академии наук. Даниил Бернулли умер в возрасте 82 лет, оставив свою кафедру только за 5 лет до смерти.

Мы приводим краткое предисловие к «Гидродинамике» (1738). В этом замечательном сочинении были даны физические основы механики жидкости, оказавшие очень большое влияние на развитие этой области физики. В 10-й главе «Гидродинамики» Бернулли также четко сформулировал основные идеи кинетической теории газов. К сожалению, эти идеи были забыты и предложены вновь уже только в XIX веке, а затем развиты в трудах Клаузиуса и Максвелла.

ГИДРОДИНАМИКА
ИЛИ ЗАПИСКИ О СИЛАХ И ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТЕЙ

Наконец, выходит в свет наша «Гидродинамика», после того как были преодолены все препятствия, задерживающие ее напечатание в течение почти восьми лет; возможно, что ей и не привелось бы увидеть света, если бы вся эта работа пришлась исключительно на мою долю. Я охотно объявляю, что главнейшая часть этой работы обязана руководству, замыслам и поддержке со стороны Петербургской Академии наук. Повод для написания этой книги дало постановление Академии, в котором первых профессоров, собравшихся для ее создания, обязали и затем определенно побуждали, чтобы они писали рассуждения на какую-нибудь полезную и, насколько возможно, новую тему. Всякий легко согласится с тем, что теория о силах и движениях жидкостей, если только она не создана против воли Минервы, не является ни бесполезной, ни тривиальной. Для того чтобы рассеять скуку у читателя, я подверг рассмотрению разнообразные вопросы, в особенности в последних пяти частях, а также включил примеры аналитические, физические, механические, как теоретические, так и практические, некоторые геометрические, мореходные астрономические и иные. Введение таких примеров представляется мне не только допустимым, но прямо вытекающим из существа предпринятой работы. Беспристрастный и сведущий в этих вопросах читатель легко исправит ошибки, которые могли проскочить при спешке. Настоящая моя работа преследует единственную цель: принести пользу Академии, все усилия которой направлены к тому, чтобы содействовать росту и общественной пользе благих наук.



ЛОМОНОСОВ

(1711—1765)

«Ломоносов был великий человек. Между Петром I и Екатериной II он один является самобытным сподвижником просвещения. Он создал первый университет. Он, лучше сказать, сам был первым нашим университетом»,— писал Пушкин в «Мыслях на дороге». Михайло Васильевич Ломоносов родился в селе Холмогоры, на севере России, в той части нашей страны, где не было ни крепостного права, ни татарского нашествия. Его отец, помор, владел несколькими рыболовными судами; мать была дочерью дьякона.

Самостоятельно изучив все доступные ему книги, девятнадцатилетний Ломоносов ушел в Москву. Выдав себя за холмогорского дворянина, он поступил в Заиконоспасскую Славяно-греко-латинскую академию, первое высшее учебное заведение Москвы. Ломоносов собирался продолжить свое образование по богословию в Киеве. Однако в 1736 г. он был направлен в числе лучших студентов в Петербург, в только что основанный при Академии наук университет. Через несколько месяцев его послали за границу для изучения химии, металлургии, горного дела. Большую часть из пяти лет, проведенных в Западной Европе, Ломоносов находился в Марбурге у знаменитого Христиана Вольфа. В 1741 г. Ломоносов вернулся в Петербург, где началась его

поразительно разнообразная и неуемная научная, литературная и организационная деятельность. Больше он никогда Россию не покидал.

Ломоносов как истинный сын своего времени интересовался всеми проблемами современного ему естествознания. Физика, химия, геология и астрономия в равной мере занимают его универсальный гений. Напомним о его открытии атмосферы Венеры и о первом наблюдении затвердевания ртути, об объяснении явлений атмосферного электричества, работах по геологии, идеи которых далеко опережали его время. Ломоносов сформулировал закон сохранения массы в химии. Он также занят вопросами практического применения науки, возможности которой блестяще пропагандировал в своих знаменитых одах. Мысли о промышленном развитии России и необходимости всестороннего исследования естественных ресурсов страны указывают на государственный ум этого человека. Его литературные сочинения оставили исключительный след в развитии русского языка. Здание Академии наук в Ленинграде украшено грандиозной мозаикой, сделанной его рукой. Ломоносов одно время был вице-президентом Петербургской Академии, он также был почетным членом Академии художеств в Петербурге, членом Болонской Академии наук и Шведской Академии наук.

Ломоносов обладал богатым воображением, ярким и образным мышлением; но, несмотря на долгую дружбу с Эйлером, его мало интересовали точные категории математических наук. Вспыльчивый и самолюбивый характер создал Ломоносову много врагов, справиться с которыми не помогала даже его исключительная физическая сила.

К сожалению, научное наследие Ломоносова не смогло оказать того влияния на дальнейшее развитие науки в России, которое соответствовало его громадному значению. Политическая обстановка во второй половине XVIII века не благоприятствовала росту науки и культуры. Академия наук, членами которой некогда были Ломоносов, Эйлер, Крашенинников, Бернулли, потеряла свое значение. На многие годы гений Ломоносова оказался забытым.

Мы приводим предисловие Ломоносова к «Экспериментальной физике» (1746) его учителя Христиана Вольфа.

ВОЛЬФИАНСКАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА

С НЕМЕЦКОГО ПОДЛИННИКА НА ЛАТИНСКОМ ЯЗЫКЕ СОКРАЩЕННАЯ, С КОТОРОГО НА РОССИЙСКИЙ ЯЗЫК ПЕРЕВЕЛ МИХАЙЛО ЛОМОНОСОВ, ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ ЧЛЕН И ХИМИИ ПРОФЕССОР

Предисловие

Мы живем в такое время, в которое науки, после своего возобновления в Европе, возрастают и к совершенству приходят. Варварские веки, в которые купно с общим покоем рода человеческого и науки нарушались и почти совсем уничтожены были, уже прежде двухсот лет окончились. Сии наставляющие нас к благополучию предводительницы, а особливо

философия, не меньше от слепого прилепления ко мнениям славного человека, нежели от тогдашних неспокойств претерпели. Все, которые в оной упражнялись, одному Аристотелю последовали и его мнения за неложные почитали. Я не презираю сего славного и в свое время отменитого от других философа, но тем не без сожаления удивляюсь, которые про смертного человека думали, будто бы он в своих мнениях не имел никакого погрешения, что было главным препятствием к приращению философии и прочих наук, которые от ней много зависят. Чрез сие отнято было благородное рвение, чтобы в науках упражняющиеся один перед другим старались о новых и полезных изобретениях. Славный и первый из новых философов Картезий осмелился Аристотелеву философию опровергнуть и учить по своему мнению и вымыслу. Мы, кроме других его заслуг, особливо за то благодарны, что тем ученых людей ободрил против Аристотеля, против себя самого и против прочих философов в правде спорить, и тем самым открыл дорогу к вольному философствованию и к вящему наук приращению. На сие взирая, коль много новых изобретений искусные мужи в Европе показали и полезных книг сочинили! Лейбниц, Кларк, Локк, премудрые рода человеческого учители, предложением правил, рассуждение и нравы управляющих, Платона и Сократа превысили. Мальпигий, Бойль, Герике, Чирнгаузен, Штурм и другие, которые в сей книжице упоминаются, любопытным и рачительным исследованием нечаянные в натуре действия открыли и теми свет привели в удивление. Едва понятно, коль великое приращение в астрономии неусыпными наблюдениями и глубокомысленными рассуждениями Кеплер, Галилей, Гюйгенс, де ла Гир и великий Невтон в краткое время учинили: ибо толь далече познание небесных тел открыли, что ежели бы ныне Гиппарх и Птолемей читали их книги, то бы они тое же небо в них едва узнали, на которое в жизнь свою толь часто сматривали. Пифагор за изобретение одного геометрического правила Зевесу принес на жертву сто волов. Но ежели бы за найденные в нынешние времена от остроумных математиков правила по суеверной его ревности поступать, то бы едва в целом свете столько рогатого скота сыскалось. Словом, в новейшие времена науки столько возросли, что не токмо за тысячу, но и за сто лет жившие едва могли того надеяться.

Сие больше от того происходит, что ныне ученые люди, а особливо испытатели натуральных вещей, мало взирают на родившиеся в одной голове вымыслы и пустые речи, но больше утверждаются на достоверном искусстве. Главнейшая часть натуральной науки, физика, ныне уже только на одном оном свое основание имеет. Мысленные рассуждения произведены бывают из надежных и много раз повторенных опытов. Для того начинающим учиться физике наперед предлагаются ныне обыкновенно нужнейшие физические опыты, купно с рассуждениями, которые из оных непосредственно и почти очевидно следуют. Сии опыты описаны от разных авторов на разных языках, то на всю физику, то на некоторые ее части.

В числе первых почитается сия книжица, в которой все опыты, к истолкованию главных натуральных действий нужнейшие, кратко описаны. Описатель оных есть господин барон Християн Вольф, королевский прусский тайный советник, в Галлском университете канцлер и в оном старший профессор юриспруденции, здешней Императорской Академии наук, также и королевских Академий наук Парижской и Берлинской и королевского ж Лондонского ученого собрания член, который многими изданными от себя философскими и математическими книгами в свете славен. Сочиненная им экспериментальная физика на немецком языке состоит в трех книгах в четверть дести. Профессор Тиммиг, его ученик, сократил всю его философию на латинском языке, и купно с нею, как оныя часть, экспериментальную физику, которая вся содержится в сей книжице.

Я уповаю, что склонный читатель мне сего в вину не поставит, ежели ему некоторые описания опытов не будут довольно вразумительны: ибо сия книжица почти только для того сочинена и ныне переведена на российский язык, чтобы по ней показывать и толковать физические опыты; и потому она на латинском языке весьма коротко и тесно писана, чтобы для удобнейшего употребления учащихся вместить в ней три книги немецких, как уже выше упомянуто. Притом же, сократитель сих опытов в некоторых местах писал весьма неявственно, которые в российском переводе по силе моей старался я изобразить яснее. Сверх сего принужден я был искать слов для наименования некоторых физических инструментов, действий и натуральных вещей, которые хотя сперва покажутся несколько странны, однако надеюсь, что они со временем чрез употребление знакомее будут.

Оканчивая сие, от искреннего сердца желаю, чтобы по мере обширного сего государства высокие науки в нем распространились и чтобы в сынах российских к оным охота и ревность равномерно умножилась.

Писано 1746 года.



Д'АЛАМБЕР

(1717—1783)

Будущий механик, математик и энциклопедист, Жан ле Рон Д'Аламбер, рожденный внебрачным сыном генерала Детуш и канонессы Тансен, был оставлен на ступеньках церкви св. Жана ле Рон в Париже. Его детство прошло в семье стекольщика, Двенадцати лет, по протекции деда, Д'Аламбер поступил в привилегированный колледж Мазарини, покровительствуемый янсенистами. Там его готовили сначала к адвокатуре, затем к медицине. Однако вопреки планам воспитателей, Д'Аламбера больше всего интересовала математика, и ее он изучал самостоятельно.

Его первые работы по анализу получили признание, и он рано стал адъюнктом Парижской Академии. В 25 лет он публикует «Динамику» (1742), где формулирует принцип, позволивший задачи динамики свести к задачам о равновесии сил. Этот принцип, впоследствии названный принципом Д'Аламбера, позволил по-новому написать уравнения гидродинамики и исследовать движение твердого тела. Большое значение имела работа Д'Аламбера в области небесной механики, где вслед за Эйлером и Клеро он развил теорию движения Луны. В теории колебаний Д'Аламбером было дано полное решение задачи о струне на основе волнового уравнения.

В 1751 г. Д'Аламбер совместно с Дидро предпринимает издание «Энциклопедии, или толкового словаря по наукам, искусствам и ремеслам». В век, справедливо на-

званный веком Просвещения, в канун Великой Французской революции Энциклопедия стала выдающимся явлением в области развития культуры. Многие статьи по физике, философии, литературе в этом 28-томном издании написаны Д'Аламбером. Им также было написано обширное предисловие к Энциклопедии — «Очерк о происхождении и развитии науки». Недаром после смерти Вольтера Д'Аламбера считали первым философом Франции; его резкие антиклерикальные статьи создали ему много врагов. В 1754 г. после трех неудачных попыток Д'Аламбер был, наконец, выбран членом Парижской Академии, и то, правительство с неохотой утвердило решение о его избрании.

Литературная деятельность Д'Аламбера была отмечена избранием в члены Французской Академии, в число «бессмертных». Несмотря на заманчивые приглашения в Петербург от Екатерины II и от Фридриха II в Берлин, он не покинул своей родины. Д'Аламбер был прост в обращении, жил он очень скромно, много помогал своим ученикам и заботился о своей приемной матери до конца ее жизни.

В последние годы жизни Д'Аламбер обратился к истории науки, написал биографии многих членов Парижской Академии. Его также интересовали вопросы теории музыки, и он принял активное участие в острой дискуссии о жанре и форме оперы.

Мы приводим начало введения к «Динамике» Д'Аламбера.

ДИНАМИКА

Введение

Достоверность математики является тем ее преимуществом, которым она обязана главным образом простоте своего предмета. Более того, нужно признать, что поскольку не все отделы математики имеют одинаковый по простоте предмет, постольку и достоверность в собственном смысле слова,— достоверность, основывающаяся на принципах, являющихся необходимо истинными и очевидными сами по себе,— присуща различным ее отделам не в одинаковой степени и не одинаковым образом. Многие отделы математики, опирающиеся или на физические принципы, т. е. на опытные истины, или же на простые гипотезы, обладают, так сказать, лишь достоверностью опыта или даже достоверностью чистого допущения. Строго говоря, обладающими полной очевидностью можно считать только те отделы математики, которые имеют дело с исчислением величин и с общими свойствами пространства: таковы алгебра, геометрия и механика. Даже и здесь в степени ясности, которую наш ум находит в этих науках, можно заметить своего рода градацию и, если можно так выразиться, те или иные оттенки. Чем шире тот предмет, который ими охва-

тывается, и чем более обща и абстрактна та форма, в которой он в них рассматривается, тем больше их принципы избавлены от неясностей и тем более они доступны для понимания. Именно по этой причине геометрия проще механики, а они обе менее просты, чем алгебра.

Этот парадокс перестает казаться парадоксом для тех, кто изучал эти науки как философ: для них наибольшей ясностью обладают именно те наиболее абстрактные понятия, которые обычно считаются наиболее недоступными. Наоборот, нашими мыслями овладевает мрак по мере того, как мы сталкиваемся в том или ином объекте с чувственными свойствами. Так, прибавляя к понятию протяженности непроницаемость, мы, мне кажется, лишь увеличиваем тайну; природа движения является загадкой для философов; не менее скрыто от них и метафизическое начало законов соударения. Одним словом, чем более углубляют они образующееся у них понятие о материи и о свойствах, ее представляющих, тем более это понятие затемняется, как будто стремясь ускользнуть от них, и тем более они убеждаются, что о внешних объектах наименее несовершенным образом мы знаем лишь одно,— это их существование, да и оно опирается на сомнительное свидетельство наших чувств.

Из этих соображений следует, что наилучший метод в любом отделе математики (можно даже сказать: в любой науке) состоит в том, чтобы не только вводить туда и максимально применять знания, полученные из более абстрактных, а следовательно, и более простых наук, но и самый объект данной науки рассматривать наиболее абстрактным и наиболее простым из всех возможных способов, ничего не предполагать и ничего не приписывать объекту данной науки, кроме тех свойств, из которых, как из предпосылки, исходит сама данная наука. Отсюда вытекают два преимущества: во-первых, принципы получают всю возможную для них ясность; во-вторых, эти принципы оказываются сведенными к наименьшему числу, выигрывая тем самым в своей общности, так как, поскольку предмет науки необходимо определен, принципы этой науки тем плодотворнее, чем меньше их число.

С давних пор намеревались, причем не без успеха, выполнить по отношению к математике некоторую часть того плана, который нами только что намечен: алгебру удачно применяли к геометрии, геометрию к механике и каждую из этих трех наук ко всем остальным наукам, основанием и фундаментом которых они являются. Однако при этом не заботились ни о сведéнии принципов этих наук к наименьшему числу, ни о том, чтобы придать этим принципам всю ту ясность, которой можно было бы желать. Особенно пренебрегали этой задачей, мне кажется, в механике: большинство ее принципов либо неясных самих по себе, либо неясно сформулированных и доказанных, давали повод к ряду трудных вопросов. Вообще, до сих пор занимались больше увеличением здания, чем освещением входа в него. Думали, главным образом, над тем, как бы возвысить его, не заботясь о том, чтобы придать необходимую прочность его основанию.

В настоящем сочинении я поставил себе двоякую цель: расширить рамки механики и сделать подход к этой науке гладким и ровным. При этом я больше всего заботился о том, чтобы одна задача решалась с помощью другой, т. е. я стремился не только вывести принципы механики из наиболее ясных понятий, но и расширить область их применений. Наряду с этим я стремился показать как бесполезность многих принципов, употреблявшихся до сих пор в механике, так и выгоды, которые можно получить для прогресса этой науки от объединения остальных. Одним словом, я стремился расширить область применения принципов, сокращая в то же время их число.

Таковы были мои намерения в настоящем сочинении. Для того чтобы ознакомить читателя со средствами, при помощи которых я старался осуществить эти намерения, может будет не лишним заняться логическим анализом науки, которую я взялся излагать...



ЛАГРАНЖ

(1736—1813)

Жозеф Луи Лагранж родился в Турине. Его мать была итальянкой. Отец, французский дворянин, был военным казначеем; некогда состоятельный, он разорился из-за бесчисленных финансовых спекуляций, что, впрочем, мало волновало сына. Позднее Жозеф писал: «Если я был бы богат, я, вероятно, не достиг бы моего положения в математике; и в какой другой области я добился бы тех же успехов?»

Семнадцати лет Лагранж увлекся математикой, прочитав мемуар астронома Галлея «О преимуществах аналитического метода». Уже тогда геометрия классических авторов его мало привлекала и впоследствии в «Аналитической механике» он заметит, что в этой книге нет ни одного чертежа. В 17 лет Лагранж стал преподавателем Артиллерийской школы в Турине. Там же он организует научное общество, впоследствии выросшее в известную Туринскую Академию наук. В трудах общества Лагранж публикует свои ранние работы по изопериметрическим кривым и вариационному исчислению, вызвавшие восторженные отзывы Эйлера. По рекомендации Эйлера Лагранж был выбран иностранным членом Берлинской Академии и в 1766 г. переезжает в Берлин.

Последующие 20 лет были годами интенсивного творчества, завершившегося созданием «Аналитической механики». Однако в 1786 г. покровительствующий Лагранжу Фридрих II умер, время «просвещенного абсолютизма» кончилось. Тогда Лагранж по приглашению Людовика XVI переехал в Париж. В 1788 г. ему, наконец, удалось издать свою великую книгу. Ее написание настолько опустошило Лагранжа, что он впал в состояние глубокой депрессии.

Во время Великой Французской революции жизнь Лагранжа как иностранца была в опасности; однако от ареста его спас Лавуазье. Вскоре Лагранж был назначен членом Комиссии по изобретениям и ремеслам, а затем председателем Комиссии по установлению метрической системы мер и весов. Лагранж активно содействовал созданию новой системы и внедрению ее революционных принципов в жизнь.

В период Империи Наполеон сделал Лагранжа князем. Лагранж принимал деятельное участие в организации высших учебных заведений нового типа — Эколь Нормаль (Нормальной школы), а затем Политехнической школы. Он преподавал математику и написал три книги по анализу. Его попытка обоснования исчисления бесконечно малых была неудачной, но эти работы инициировали исследования Коши.

Лагранж был мягким и деликатным человеком. Крайне мнительный, он сильно заботился о своем здоровье, и лечащие врачи 29 раз подвергали его кровопусканию. Он не пил вина и был вегетарианцем. В последние годы жизни он отошел от математики и механики, оставил занятия химией и обратился к ботанике, языкознанию, философии.

Сочинения Лагранжа, совершенные по форме и исключительные по глубине и широте охвата проблем современной ему математики, астрономии и механики, составляют 14 томов. Ниже следует предисловие к первому изданию «Аналитической механики», а также краткие введения, которыми автор предваряет основные части этого сочинения: «Статику» и «Динамику».

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Предисловие

Существует уже много трактатов по механике, но план настоящего трактата является совершенно новым. Я поставил своей целью свести теорию механики и методы решения связанных с нею задач к общим формулам, простое развитие которых дает все уравнения, необходимые для решения каждой задачи. Я надеюсь, что способ, каким я постарался этого достичь, не оставит желать чего-либо лучшего.

Кроме того, эта работа принесет пользу и в другом отношении: она объединит и осветит с единой точки зрения различные принципы, открытые до сих пор с целью облегчения решения механических задач, ука-

жет их связь и взаимную зависимость и даст возможность судить об их правильности и сфере их применения.

Я делю эту работу на две части: на статику, или теорию равновесия, и на динамику, или теорию движения; в каждой из этих частей я отдельно рассматриваю твердые и жидкие тела.

В этой работе совершенно отсутствуют какие бы то ни было чертежи. Излагаемые мною методы не требуют ни построений, ни геометрических или механических рассуждений; они требуют только алгебраических операций, подчиненных планомерному и однообразному ходу. Все любящие анализ с удовольствием убедятся в том, что механика становится новой отраслью анализа, и будут мне благодарны за то, что этим путем я расширил область его применения.

О РАЗЛИЧНЫХ ПРИНЦИПАХ СТАТИКИ

Статика — это наука о равновесии сил. Под силой мы понимаем, вообще говоря, любую причину, которая сообщает или стремится сообщить движение телам, к которым мы представляем себе ее приложенной; поэтому силу следует оценивать по величине движения, которое она вызывает или стремится вызвать. В состоянии равновесия сила не производит реального действия; она вызывает лишь простое стремление к движению; но ее следует всегда измерять по тому эффекту, какой она вызвала бы, если бы она действовала при отсутствии каких-либо препятствий. Если принять в качестве единицы какую-либо силу или же ее действие, то выражение для любой другой силы представит собою не что иное, как отношение, т. е. математическую величину, которая может быть выражена с помощью чисел или линий; с этой именно точки зрения и следует в механике рассматривать силы.

Равновесие получается в результате уничтожения нескольких сил, которые борются и взаимно сводят на нет действие, производимое ими друг на друга; статика имеет своей целью дать законы, согласно которым происходит это уничтожение. Эти законы основаны на общих принципах, которые можно свести к трем: принципу *рычага*, принципу *сложения сил* и принципу *виртуальных скоростей*.

О РАЗЛИЧНЫХ ПРИНЦИПАХ ДИНАМИКИ

Динамика — это наука об ускоряющих и замедляющих силах и о переменных движениях, которые они должны вызывать. Эта наука целиком обязана своим развитием новейшим ученым, и Галилей является тем лицом, которое заложило первые ее основы. До него силы, действующие на тела, рассматривали только в состоянии равновесия, и хотя ускоренное падение твердых тел и криволинейное движение брошенных тел не могли

приписать какой-либо иной причине, кроме постоянного действия тяжести, тем не менее никому до Галилея не удалось определить законов этих повседневных явлений — несмотря на то, что причина их столь проста. Галилей первый сделал этот важный шаг и этим открыл новый и необозримый путь для прогресса механики. Его открытие было изложено и развито в работе, озаглавленной: «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отделов науки», появившейся впервые в Лейдене в 1638 г. Однако у современников эта работа не доставила Галилею столько славы, сколько открытия, произведенные им на небе; в настоящее же время она составляет наиболее надежную и существенную часть славы этого великого человека.

Открытия спутников Юпитера, фаз Венеры, солнечных пятен и т. д. потребовали лишь наличия телескопа и известного трудолюбия; но нужен был необыкновенный гений, чтобы открыть законы природы в таких явлениях, которые всегда пребывали перед глазами, но объяснение которых тем не менее всегда ускользало от изысканий философов.

Гюйгенс, которого сама судьба как будто предназначила для усовершенствования и дополнения большинства открытий Галилея, прибавил к теории ускоренного движения весомых тел теорию движения маятника и теорию центробежных сил и таким образом подготовил почву для великого открытия всемирного тяготения. В руках Ньютона механика превратилась в новую науку; его «Начала», появившиеся впервые в 1687 г., составили эпоху этого превращения.

Наконец, открытие исчисления бесконечно малых дало математикам возможность свести законы движения тел к аналитическим уравнениям; после этого исследование сил и вызываемых ими движений явилось главнейшим предметом их работ.

Я поставил себе здесь целью предоставить в распоряжение математиков новое средство для облегчения подобного рода исследований; однако будет небесполезно сначала изложить те принципы, которые лежат в основании динамики, и показать последовательное развитие тех идей, которые больше всего способствовали расширению и усовершенствованию этой отрасли науки.



ГАЛЬВАНИ

(1737—1798)

Жизнь Луиджи Гальвани прошла в Болонье на севере Италии, где он родился. Гальвани учился в Болонском университете, занимаясь сначала богословием, затем физиологией и анатомией. Получив первую ученую степень за исследования о костях, Гальвани стал преподавать медицину; в 1775 г., после смерти своего тестя и учителя профессора Галеацци, он занял кафедру практической анатомии и гинекологии. Гальвани был блестящим лектором и успешно практикующим врачом. Ему принадлежат интересные работы по строению уха у птиц. Десятилетнее исследование по возбуждению нервов под влиянием статического электричества привели его к открытию так называемого животного электричества, опубликованному в 1791 г. в знаменитом «Трактате о силах электричества при мышечном сокращении».

Последние годы жизни Гальвани были несчастными. Умерла его горячо любимая жена и помощник Лючия, умер его брат. После Великой Французской революции, когда наполеоновская армия захватила Болонью, Гальвани отказался присягнуть новой власти и вынужден был покинуть кафедру. Однако из глубокого уважения к ученому правительство Цизальпинской республики восстановило его в должности, но вскоре Гальвани умер.

Соотечественник Гальвани — Алессандро Вольта показал, что электричество, открытое Гальвани, зависит только от контакта разнородных металлов и непосредственно не связано с живыми тканями, как думал Гальвани. В первый год XIX века Вольта изобрел гальваническую батарею — вольтов столб; это открыло дорогу стремительному развитию физики и техники электричества.

Мы приводим краткое предисловие Гальвани к его «Трактату».

ТРАКТАТ О СИЛАХ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ПРИ МЫШЕЧНОМ ДВИЖЕНИИ

Желая, чтобы открытия, которые мне удалось сделать с немалым трудом после многих опытов в нервах и мышцах, принесли пользу, и чтобы стали известны, если это возможно, и их скрытые свойства, и мы вернее могли бы лечить их болезни, я не видел ничего более подходящего для исполнения подобного желания, чем опубликовать, наконец, эти открытия, каковы бы они ни были. Таким образом, выдающиеся ученые будут в состоянии, читая нас, своими размышлениями и своими опытами не только сделать больше в этой области, но также достигнуть того, чего пытались достигнуть и мы, но к чему нам, быть может, весьма мало удалось приблизиться.

Правда, я желал бы вынести на общее суждение труд, если и не вполне совершенный и законченный, чего, быть может, я никогда не был бы в состоянии сделать, то по крайней мере такой, который не был бы сырым или даже едва начатым; но так как я полагал, что для его завершения у меня нет ни достаточно времени, ни досуга, ни способностей, то я, конечно, предпочел отказаться скорее от моего столь справедливого желания, чем от пользы дела.

Итак, я считал, что сделаю нечто ценное, если я кратко и точно изложу историю моих открытий в таком порядке и расположении, в каком мне их доставили отчасти случай и счастливая судьба, отчасти трудолюбие и прилежание. Я сделаю это не только для того, чтобы мне не приписывалось больше, чем счастливому случаю или счастливому случаю больше, чем мне, но для того, чтобы дать как бы факел тем, которые пожелают пойти по тому же пути исследования, или, по крайней мере, чтобы удовлетворить благородное желание ученых, которые обычно находят удовольствие в познании начала и сути вещей, заключающих в себе нечто новое.

К изложению опытов я прибавлю кое-какие пояснения, кое-какие предположения и гипотезы, главным образом с тем намерением, чтобы несколько расчистить путь для новых предстоящих опытов, идя по которому, мы могли бы если и не достичь истины, то по крайней мере увидеть к ней новый подход.

Итак, после всего изложенного выше, начинаю.



МОНЖ

(1746—1818)

Гаспар Монж родился в Боне, в бедной семье, и начальное образование получил в местном лицее. Затем Монж учился в Военной Академии в Мезьере, в которой с 1768 г. уже преподавал. Именно там им были созданы методы и развиты приемы начертательной геометрии; однако из-за практической и военной значимости эта дисциплина была засекречена и Монж свою «Начертательную геометрию» смог опубликовать только в 1795 г.

В том же году он был назначен первым начальником Нормальной школы. Это знаменитое высшее учебное заведение, давшее Франции и миру выдающихся ученых, военных и государственных деятелей, было рождено революцией. Нормальная школа и организованная вскоре из нее Политехническая школа, стали высшими учебными заведениями нового типа, ибо старые не смогли отвечать требованиям нового общественного развития.

Политехническая школа, вместе со своими отделами — Школой шоссе и дорог, Школой военных инженеров и артиллерии, Горного дела, сохранилась до сих пор как закрытое учебное заведение повышенного типа, готовящее инженеров на широкой физико-математической основе. Нормальная школа превратилась в своего рода

педагогический институт, готовящий научные кадры высшей квалификации. Здесь преподавали многие выдающиеся математики Франции.

В эпоху революции Монж был близок к Наполеону. При нем он стал военно-морским министром, а затем министром вооружения. Монж принимал участие в египетском походе. Во время Империи он получил титул князя Пелузы. После Реставрации Монж был лишен всех званий и исключен из Академии. Он умер в нищете. По свидетельству современников, Монж был сильным бескомпромиссным человеком больших творческих и административных способностей.

Помимо работ по дифференциальным уравнениям и дифференциальной геометрии, оказавших глубокое влияние на развитие этой части математики, Монж первый обратился к тому, что теперь мы называем исчислением операций при решении транспортной задачи строительства укреплений.

Законы перспективы, оказавшие существенное влияние не только на живопись, но и на архитектуру и технику своего времени, были сформулированы еще Леонардо да Винчи. Следующий шаг в этом направлении был сделан Монжем, создавшим начертательную геометрию, которая и поныне лежит в основе образования и труда инженера и архитектора.

Мы приводим предисловие к «Начертательной геометрии» Монжа, которое он назвал «Программой»,— тезисы речи, произнесенной при открытии Нормальной школы.

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

Программа

Чтобы освободить французский народ от иностранной промышленной зависимости, в которой он до сих пор находился, надо прежде всего направить народное образование к познанию объектов, требующих точности, что было в полном пренебрежении до нашего времени, и приучить наших специалистов к пользованию всевозможными инструментами, предназначенными для того, чтобы вносить точность в работу и измерять ее степень: тогда потребители, поняв необходимость точности выполнения, начнут требовать ее в разных работах и соответственно их оценивать; и наши специалисты, привыкнув к точности с молодых лет, будут в состоянии ее достигнуть.

Во-вторых, надо расширить знание многих явлений природы, необходимое для прогресса промышленности, и воспользоваться для развития общего образования народа тем счастливым обстоятельством, что она имеет в своем распоряжении главнейшие ресурсы, которые ей требуются.

Наконец, надо распространить среди наших специалистов знание способов, применяемых в искусствах, и знание машин, предназначенных

для того, чтобы либо сократить ручную работу, либо внести в результаты работы больше однородности и точности; надо сознаться, что в этом отношении мы должны еще многое заимствовать у других народов.

Всем этим требованиям можно удовлетворить, только дав новое направление народному образованию.

Прежде всего нужно приучить пользоваться начертательной геометрией всех способных молодых людей как богатых, для того чтобы они были в состоянии употреблять свои капиталы с пользой — равно для себя и для государства, так и тех, у которых образование является единственным богатством, для того чтобы они могли увеличить цену своего труда.

Эта наука имеет две главные цели.

Первая — точное представление на чертеже, имеющем только два измерения объектов трехмерных, которые могут быть точно заданы.

С этой точки зрения, это — язык, необходимый инженеру, создающему какой-либо проект, а также всем тем, кто должен руководить его осуществлением, и, наконец, мастерам, которые должны сами изготовлять различные части.

Вторая цель начертательной геометрии — выводить из точного описания тел все, что неизбежно следует из их формы и взаимного расположения. В этом смысле это — средство искать истину; она дает бесконечные примеры перехода от известного к неизвестному; и поскольку она всегда имеет дело с предметами, которым присуща наибольшая ясность, необходимо ввести ее в план народного образования. Она пригодна не только для того, чтобы развивать интеллектуальные способности великого народа и, тем самым, способствовать усовершенствованию рода человеческого, но она необходима для всех рабочих, цель которых придавать телам определенные формы; и именно, главным образом, потому, что методы этого искусства до сих пор были мало распространены или даже совсем не пользовались вниманием, развитие промышленности шло так медленно.

Народному образованию будет дано полезное направление, если наши молодые специалисты привыкнут применять начертательную геометрию к графическим построениям, необходимым во многих областях, и пользоваться ею для построения и определения элементов машин, при помощи которых человек, используя силы природы, оставляет за собой только работу разума.

Не менее полезно распространять знания о явлениях природы, которые тоже можно заставить служить на пользу дела.

Очарование, сопровождающее науку, может победить свойственное людям отвращение к напряжению ума и заставить их находить удовольствие в упражнении своего разума,— что большинству людей представляется утомительным и скучным занятием.

Итак, в Нормальной школе должен быть курс начертательной геометрии.

Но так как мы не имеем до сих пор в этой области науки ни одного хорошо написанного элементарного труда,— потому ли, что наши ученые слишком мало ею интересовались, или потому, что она применялась туманным образом лицами недостаточно образованными, не умевшими излагать результаты своих размышлений,— простой устный курс был бы абсолютно бесцельным.

Лекционное изложение методов начертательной геометрии необходимо сопровождать практическими занятиями.

Поэтому ученики должны упражняться в графических построениях по начертательной геометрии. В графических искусствах применяются общие методы, с которыми можно освоиться, пользуясь только циркулем и линейкой.

Среди различных возможных применений начертательной геометрии имеются два замечательных как по своим обобщениям, так и по своей изобретательности: это построение перспективы и точное определение теней на рисунке. Эти два вопроса могут быть рассмотрены как дополнение к искусству описания предметов.



ЛАПЛАС

(1749—1827)

Пьер Симон Лаплас родился на севере Франции в Нормандии, в бедной крестьянской семье. Благодаря помощи состоятельных соседей, обративших внимание на способности молодого Лапласа, ему удалось окончить школу Ордена Бенедиктинцев в Кане. Затем он стал преподавателем в военной школе в родном городе Бомон. Когда Лапласу было 18 лет, он отправился в Париж с письмом к Д'Аламберу; но только представив ему работу по основам механики, Лапласу удалось обратить на себя внимание и получить место преподавателя в военной школе в Париже. С тех пор Лаплас не покидал этого города, пережив Великую Французскую революцию, эпоху Наполеона и реставрацию Бурбонов.

Лаплас был членом Комиссии мер и весов, разработавшей метрическую систему, и членом Бюро долгот. Он был профессором Нормальной школы с самого ее основания. При Директории Лаплас добивался и получил пост министра внутренних дел. Однако вскоре он был уволен, так как, по словам Консула: «...он вносил слишком много бесконечно малых в дела государства». Министром стал брат Наполеона, а Лапласа в утешение сделали членом вновь образованного Сената.

Во время Империи он стал офицером Почетного легиона и графом, но это не по-

мешало ему в 1814 г. голосовать за низложение Наполеона. После Реставрации Лаплас стал пэром и получил титул маркиза. В 1816 г. Лапласа избрали членом Французской Академии, «бессмертным», главным образом за блестящие литературные достоинства его небольшой книги «Изложение системы мира» (1796), содержащей в виде приложения знаменитую космогоническую гипотезу, обычно называемую небулярной гипотезой Канта — Лапласа.

По свидетельству современников, Лаплас был малоприятным и политически беспринципным человеком. Он голосовал за исключение Монжа из Академии, не выносил деликатного и веротерпимого Лагранжа и хорошо относился только к Д'Аламберу. Несмотря на религиозное воспитание, Лаплас был убежденным атеистом. Когда Наполеон спросил его, есть ли у него место в «Небесной механике» для Бога, ученый ответил: «Ваше Величество, я не нуждаюсь в этой гипотезе...»

Мы приводим предисловия к «Изложению системы мира», а также к первому (1799) и к третьему (1805) томам «Небесной механики».

С именем Лапласа связан тот детерминизм, который был столь характерной чертой естественнонаучных представлений его эпохи. Тем не менее Лапласу принадлежит и знаменитое сочинение по теории вероятностей; мы заключаем этот раздел предисловием к его «Аналитической теории вероятностей» (1812).

ИЗЛОЖЕНИЕ СИСТЕМЫ МИРА

Предисловие

Из всех естественных наук астрономия представлена нам самым длинным сцеплением открытий. Чрезвычайно далеко от первого взгляда на небо до общего воззрения, которым теперь обнимают прошедшее и будущее состояние мира. Чтобы прийти к этим воззрениям, нужно наблюдать светила в течение многих веков; понять, как по их кажущимся движениям узнать истинное движение Земли, как перейти от законов планетных движений к началу всемирного тяготения и, наконец, от этого начала к полному объяснению всех небесных явлений в их малейших подробностях. Ум человеческий совершил это дело в астрономии.

Изложение последовательности этих открытий и простейшего способа их происхождения представляет двойную выгоду — познание большого количества занимательных фактов и истинные методы исследования законов природы. Этому предмету посвящено сочинение, лежащее перед читателем.

НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА

Предисловие к I тому

В конце прошлого века Ньютон опубликовал свое открытие всемирного тяготения. С тех пор математикам удалось все известные явления мироздания свести к этому великому закону природы, и таким образом достичь в астрономических теориях и таблицах неожиданной точности. Моя цель состоит в том, чтобы представить с единой точки зрения теории, рассеянные по разным работам, соединив вместе все результаты по равновесию и движению твердых и жидких тел, из которых построена наша Солнечная система и подобные системы, раскинутые в просторах Вселенной, и построить таким путем *небесную механику*.

Астрономия, рассмотренная наиболее общим образом, есть великая проблема механики, которая состоит в определении небесных движений произвольного вида. В то же время ее решения зависят от точности наблюдений и полноты анализа. Необычайно важно поэтому исключить из нее все эмпирические утверждения, так чтобы из наблюдений брать только самые необходимые сведения. В той степени, насколько возможно в данной работе, я пытался это осуществить, и я надеюсь, что математики и астрономы отнесутся с сочувствием к трудности этого положения и, если они найдут представленные результаты достаточно простыми, то смогут использовать их в своих исследованиях.

Сочинение будет разделено на две части. В первой я даю методы и формулы, определяющие движение центров тяжести небесных тел, форму этих тел, колебания жидкостей, которые их покрывают, и их движение относительно собственного центра тяжести. Во второй части сочинения формулы, полученные в первой, будут применены к планетам, спутникам и кометам. Я заключаю эту часть исследованием различных вопросов, имеющих отношение к мирозданию, и даю исторический обзор математических работ, посвященных этому предмету.

Я принял десятичную систему деления прямого угла и дня. В линейных измерениях я исхожу из длины метра, который определен дугой земного меридиана между Дюнкерком и Барселоной.

Предисловие к III тому

БОНАПАРТУ — ЧЛЕНУ НАЦИОНАЛЬНОГО ИНСТИТУТА,
ГРАЖДАНИНУ ПЕРВОМУ КОНСУЛУ — РАЗРЕШИТЕ МНЕ ПОСВЯТИТЬ ЭТОТ ТОМ —
ГЕРОИЧЕСКОМУ УМИРОТВОРИТЕЛЮ ЕВРОПЫ...

В первой части данного труда выведены общие принципы равновесия и движения тел. Приложение этих принципов к движению небесных тел привело нас, путем чисто математических рассуждений, без введения гипотез, к закону всемирного тяготения. Действие тяжести, движение снарядов у поверхности Земли составляют частные случаи этого закона. Далее мы рассмотрели системы тел, подверженных этому великому закону природы, и вывели, исключительно путем анализа, общие выражения для их движений, формы и колебаний покрывающих их жидкостей. Из этих зависимостей мы получили все известные нам явления приливов и отливов, изменение длины градусной дуги меридиана и силы тяжести на поверхности Земли, предварение равноденствий, либрацию Луны, форму и движение колец Сатурна и указали на причину, по которой эти кольца неизменно остаются в плоскости экватора Сатурна. Более того, мы вывели, исходя из той же теории тяготения, основные уравнения движения планет, в особенности Сатурна и Юпитера, главные неравенства которых имеют периоды больше девятисот лет. Неравенства движений Юпитера и Сатурна вначале представляли для астрономов только лишь аномалию, законы и причины которой были неизвестны. В течение долгого времени эти неправильности казались несовместимыми с теорией тяготения. Однако более внимательное рассмотрение показало, что они могут быть выведены из теории тяготения, и тем самым эти движения стали одним из самых поразительных ее доказательств. Мы развили теорию вековых движений элементов планетной системы, при которых она возвращается в то же состояние лишь по прошествии многих столетий. Среди всех изменений элементов мы обнаружили постоянство средних движений и средних размеров орбит. По-видимому, природа их первоначально установила для вечного продолжения, имея в виду те же цели, с которыми так дивно устроена Земля для сохранения особей и продолжения видов. Из одного того, что все движения происходят в одну сторону, в плоскостях, лишь слабо наклоненных, следует, что орбиты планет и спутников всегда были почти круговыми и лишь мало наклоненными друг к другу. Таким образом, изменения наклона эклиптики, которая всегда была заключена в узких пределах, никогда не приведут к вечной весне на Земле.

Мы показали, что сфероид Земли, постоянно притягивающий к своему центру обращенное к нам полушарие Луны, передает вращательному движению спутника вековые вариации своего собственного движения и та-

ким образом всегда уводит из нашего поля зрения другое полушарие. Наконец, мы показали, что в движении первых трех спутников Юпитера имеет место замечательная закономерность, следующая из их взаимного притяжения: средняя долгота первого спутника, видимая из центра Юпитера, за вычетом одной трети долготы второго спутника и в сумме с удвоенной долготой третьего спутника, всегда точно равна двум прямым углам. Следовательно, эти спутники никогда не могут одновременно находиться в затмении.

В последующем нам предстоит особо рассмотреть возмущения планет и комет при их движении вокруг Солнца, движения Луны вокруг Земли и спутников вокруг планет. В этом состоит цель второй части этого труда, в котором особое внимание уделено улучшению астрономических таблиц. Эти таблицы следовали развитию науки, которая служит им основанием. В начале этот прогресс был исключительно медленным и в течение очень долгого времени люди следили только за видимым движением светил. Эта эпоха, начало которой затеряно в глубокой древности, может рассматриваться как детство астрономии. Ей принадлежат труды Гиппарха и Птолемея, а также наблюдения индусов, арабов и персов. Система Птолемея, которую они последовательно приняли, по существу является ничем иным, как способом представления видимых движений, и на этом основании она была полезна науке. Слабость человеческого ума часто требует помощи гипотезы для установления взаимосвязи, фактов. Если мы ограничиваем гипотезу таким ее применением и позаботимся о том, чтобы не приписывать ей того реального значения, которым она не обладает, и будем затем часто поправлять ее новыми наблюдениями, то мы сможем в конце концов обнаружить истинные причины или, по крайней мере, законы этих явлений. История философии науки может представить много примеров тех преимуществ, которые можно извлечь из заранее принятой гипотезы, и тех ошибок, которым мы подвержены, полагая, что она соответствует истинному объяснению природы. В середине шестнадцатого века Коперник пришел к выводу, что кажущиеся движения небесных тел указывают нам на истинное движение Земли вокруг Солнца и вокруг своей оси. Таким образом, он показал нам мир с новой точки зрения, и тем самым изменил облик астрономии. Замечательная совокупность открытий навсегда оставит в нашей памяти, в истории науки, столетие, последовавшее за открытием Коперника, эпоху, которая также отмечена шедеврами литературы и искусства.

Кеплер указал законы движения планет по эллипсу. Телескоп, изобретенный благодаря счастливому случаю, был тут же усовершенствован Галилеем. Ему он позволил увидеть на небе новые неравенства и новые миры. Применение маятника в часах Гюйгенсом и телескопа к астрономическому квадранту придало точность измерениям времени и углов и тем самым сделало ощутимыми малейшие неравенства небесных движений. В то время как наблюдения представляли человеческому уму

новые явления, для их объяснения и расчета были созданы новые инструменты мышления. Непер изобрел логарифмы. Анализ кривых и основы динамики были созданы трудами Декарта и Галилея. Ньютон открыл дифференциальное исчисление, разложил луч света и возвел тяготение до общего принципа. За только что прошедший век преемники этого великого человека закончили здание, фундамент которого заложил он. Был усовершенствован анализ бесконечно малых, изобретено исчисление частных производных как бесконечно малых, так и конечных. Вся механика сведена теперь к формулам. Применением этих открытий к закону тяготения были рассчитаны все небесные явления, что придало теориям и астрономическим таблицам необыкновенную точность; этому в значительной мере мы обязаны трудам французских математиков и тем премиям, которые учреждались Академией наук. К указанным открытиям следует прибавить аберрацию звезд и нутацию земной оси, обнаруженные Брадлеем, и многочисленные измерения длины градусной дуги меридиана и длины маятника, пример которых подала Франция, послав членов своей Академии на север, на экватор и в южное полушарие. Произведенное с большой точностью измерение длины дуги меридиана между Дюнкерком и Барселоной было положено в основу наиболее простой и естественной метрической системы мер. Были предприняты многочисленные экспедиции для исследования различных частей земного шара и для наблюдений прохождения Венеры через диск Солнца. Результатом этих путешествий стало точное определение размеров Солнечной системы. Мы должны указать на открытие Гершелем планеты Уран и его спутников, а также двух новых спутников Сатурна. Наконец, мы должны прибавить к этим открытиям изобретение такого замечательного и полезного на море прибора, как секстанта, астрономического телескопа, меридианного круга, пассажного инструмента и хронометра. Мы можем быть удовлетворены, что с точки зрения прогресса человеческого ума прошедший век достоин предшествующего. Век, в который мы только вступили, начался с очень обещающих астрономических предзнаменований. Его первый день был отмечен открытием планеты Церера. Вскоре последовало открытие планеты Паллада, с почти тем же средним расстоянием до Солнца. Близость Юпитера к этим двум, ничтожно малым телам, большая величина эксцентриситета и наклонения их переплетающихся орбит, должны привести к значительным неравенствам в их движении, которые прольют новый свет на теорию всемирного тяготения и послужат для дальнейшего ее усовершенствования.

Главным образом, благодаря применению математического анализа к системе мира, мы поняли все могущество этого замечательного инструмента, без которого невозможно было бы раскрыть механизм столь сложный по своим действиям, но столь простой по своим причинам. В свои формулы математик теперь включает всю планетную систему, ее последовательные изменения. Он может мысленно оглядываться на различные

состояния, через которые эта система прошла в наиболее удаленные от нас века, и может предсказать, что в грядущем развернется перед наблюдателем. Он видит эту величественную картину, охватывающую несколько миллионов лет, повторенную благодаря быстроте обращения за несколько веков в системе спутников Юпитера и воспроизводящую замечательные явления, подобные тем, которые давно подозревались астрономами в движении планет, но которые были слишком сложны и замедленны для того, чтобы установить их точные законы. Теория тяготения благодаря многим приложениям стала средством открытий, столь же верных, как сами наблюдения. Теория обнаружила ряд новых неравенств в движении небесных тел и позволила предсказать возвращение кометы 1759 года, обращения которой благодаря притяжению Юпитера и Сатурна очень нерегулярны. Таким путем математик может извлечь из наблюдений, как из богатого рудника, большое число ценных и тонких данных, которые без анализа были бы навсегда скрыты. Таковы относительные значения масс Солнца, планет и спутников, определенные по обращению этих тел, их периодическим и вековым неравенствам; скорость света и эллипсоидальность Юпитера, которую можно определить по затмениям его спутников точнее, чем прямыми наблюдениями; период вращения и сплюснутость Урана и Сатурна, вычисленные из предположения о том, что тела, обращающиеся вокруг этих планет, находятся соответственно в одной плоскости, следует еще назвать параллаксы Солнца и Луны, а также фигуру самой Земли, определенную по некоторым неравенствам Луны. Мы увидим в дальнейшем, что движение Луны, по мере усовершенствования астрономии, указывает на малую эллиптичность сфероида Земли, округлость которой стала известна первым астрономам по затмению этого светила.

Наконец, благодаря счастливому сочетанию расчета и наблюдений, то светило, которое придано Земле с тем, чтобы освещать его ночью, стало также вернейшим проводником для мореплавателя, защищающим от опасностей, вечно его подстерегавших из-за ошибок при определении места на море. Совершенствование теории и таблиц Луны, которым мореплаватель обязан точности определения места, есть плод деятельности математиков и астрономов за последние полвека. В них объединено все то, что придает ценность открытиям, величие и полезность цели, плодотворность приложениям и достоинство преодоленным трудностям. Именно таким путем наиболее абстрактные теории, применение которых рассеяно по многочисленным явлениям природы и инженерного искусства, стали неиссякаемым источником удобства и радости даже для тех, кто с ними совершенно незнаком.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

НАПОЛЕОНУ ВЕЛИКОМУ

В этом сочинении я предполагаю изложить анализ и принципы, необходимые для решения проблем, касающихся вероятностей. В основе анализа лежат две теории, которые были мною опубликованы еще 30 лет тому назад в мемуарах Академии наук. Одна из них — это *теория производящих функций*, другая — *теория приближенных формул для функций больших чисел*. Они являются предметом первой книги, в которой я излагаю их в еще более общей форме, чем в упомянутых мемуарах. Их сопоставление наглядно показывает, что вторая работа есть развитие первой и что их можно рассматривать как два раздела одного и того же исчисления, которое я называю исчислением производящих функций. Это исчисление лежит в основе той теории вероятностей, которая является предметом второй книги. Вопросы, относящиеся к случайным событиям, чаще всего сводятся к линейным дифференциальным уравнениям с простыми или частными производными и первый отдел исчисления производящих функций дает общий метод для интегрирования уравнений такого рода. Но когда рассматривается большое число событий, то выражения, которые их описывают, состоят из большого числа членов и множителей так, что их численный расчет практически невозможен и потому так необходим способ, который преобразует такие ряды в сходящиеся. Это и осуществляется во второй части исчисления производящих функций с тем бо́льшим успехом, чем больше в нем необходимость.

Моя цель состоит в представлении методов и общих результатов теории вероятностей и именно поэтому я рассматриваю самые тонкие вопросы, трудные и в то же время очень полезные для этой теории. В особенности я стремлюсь определить вероятность причин и следствий при большом числе указанных событий и отыскать законы, согласно которым эта вероятность приближается к своему пределу по мере того, как множатся эти события. По тому анализу, который они требуют, данные исследования заслуживают внимания математиков, и именно здесь находит свое самое важное применение теория приближенных формул для функций больших чисел. И, наконец, эта теория заслуживает внимания философов, показывая, как в конце концов устанавливается закономерность даже в тех вещах, которые кажутся нам обязанными случаю, и обнаруживаются скрытые, но постоянные причины, от которых зависит эта закономерность. Именно на закономерности этих средних результатов, выступающей при большом числе событий, основаны различные предприятия, такие, как пожизненная рента, пенсии, страхование. Вопросы, близкие к последнему, а также оспопрививание и голосование на выборных

собраниях, не представляют никаких трудностей для их объяснения, если следовать моей теории. В этом сочинении я ограничиваюсь решением самых общих вопросов, но важность этих вопросов в гражданской жизни и моральные соображения, связанные с ними и усложняющие их, а также многочисленные наблюдения, которых они требуют, вызывают необходимость в самостоятельном сочинении.

Если принять во внимание аналитические методы, которые уже породила теория вероятностей, и те, которые она еще может дать, безошибочность принципов, которые служат ей базой, строгую и тонкую логику, требующую их применения при решении задач, полезность общественных учреждений, опирающихся на нее, и если затем обратить внимание на то, что даже в предметах, которые не могут быть точно рассчитаны, эта теория указывает наиболее верный путь в достижении решений и, что она помогает нам избежать иллюзий, которые часто вводят нас в заблуждения, то мы увидим, что нет науки, более достойной наших размышлений и результаты которой были бы более полезны. Теория вероятностей обязана появлением на свет двум французским математикам XVII века, века столь обильного великими людьми и великими открытиями, и века, который больше всех столетий делает честь человеческому разуму. Паскаль и Ферма поставили и решили несколько задач теории вероятностей. Гюйгенс в небольшом трактате на эту тему обобщил их и расширил. Далее эта проблематика в более общей форме была рассмотрена Бернулли, Монмортом и Муавром и многими другими знаменитыми математиками последнего времени.

IV. ФИЗИКА XIX ВЕКА



ФРЕНЕЛЬ

(1788—1827)

Огюстен Жан Френель родился в Бройле, на севере Франции. Отец его был архитектором. Удалившись в свое имение от тревог революции, он сам дал начальное образование своим детям. Шестнадцати лет Огюстен был принят в Политехническую школу, которую и окончил по отделению мостов и дорог. Как инженер путей сообщения Френель служил в департаменте Вер до марта 1815 г. В период 100-дневного правления Наполеона он поддерживал роялистов. После своей отставки Френель поселился в Нормандии и занялся оптикой. Заинтересовавшись недавно открытым явлением поляризации света, он довольно скоро пришел к идеям волновой теории света; по настоянию Араго он в 1819 г. представил свой знаменитый мемуар в Парижскую Академию. В последующие годы Френель занимался устройством маяков; он разработал их оптику и изобрел составные линзы — линзы Френеля.

В 1823 г. он стал членом Парижской Академии и в 1825 г. был избран иностранным членом Лондонского Королевского общества. Умер Френель в возрасте 39 лет. Мы приводим введение к его «Мемуару о дифракции света», удостоенному премии Академии наук и опубликованному в 1819 г.

МЕМУАР О ДИФРАКЦИИ СВЕТА

«Natura simplex et fecunda» [1]

1. Прежде чем специально заниматься многочисленными и различными явлениями, которые объединяются под общим названием *дифракции*, я считаю необходимым представить некоторые общие соображения относительно двух систем, которые до сего времени разделяли ученых в их воззрениях на природу света.

Ньютон предположил, что световые частицы, испускаемые освещающими нас телами, непосредственно попадают в наши глаза, где благодаря удару они вызывают зрительное ощущение. Декарт, Гук, Гюйгенс, Эйлер полагали, что свет является результатом колебаний универсальной чрезвычайно тонкой жидкости, возмущаемой быстрыми движениями частиц светящихся тел таким же точно образом, как воздух сотрясается колебаниями звучащих тел; мы видим, что в этой системе органов нашего зрения достигают не частицы флюида, находящегося в соприкосновении со светящимися телами, но только движение, которое было сообщено этим частицам.

Первая гипотеза имеет то преимущество, что она ведет к более очевидным следствиям, так как механический анализ прилагается к ней более легко; вторая, напротив, представляет в этом отношении большие затруднения. Но при выборе системы следует руководствоваться только простотой гипотез; простота же вычислений не может иметь никакого веса в балансе вероятностей. Для природы не существует трудностей анализа, она избегает лишь усложнения средств. Природа как будто задалась целью делать многое малыми средствами: этот принцип неизменно получает все новые и новые подтверждения в результате усовершенствования физических наук [2].

Астрономия — часть человеческого мышления — в особенности являет поразительное подтверждение указанного принципа; все законы Кеплера были гением Ньютона сведены к одному закону тяготения, который в дальнейшем послужил для объяснения и даже для открытия наиболее сложных и наименее явных возмущений в движениях планет.

---

[1] «Природа проста и разнообразна». (*Лат.*)

[2] Если в своем прогрессе химия как будто является исключением в этом отношении, это объясняется безусловно тем, что она еще очень мало продвинулась вперед, несмотря на большие успехи, которые она обнаружила за последние 30 лет. Но и сейчас уже можно заметить, что отношения многочисленных соединений, которые она являет, отношения, из которых, как первоначально казалось, каждое подчиняется своим особым законам, в настоящее время оказываются объединенными общими правилами большой простоты.

2. Если иногда, желая упростить элементы какой-нибудь науки, впадали в заблуждения, то это происходило оттого, что устанавливали системы, не собрав достаточного количества фактов. Та или иная гипотеза весьма проста, когда рассматривается только один класс явлений, но она необходимо требует многих других дополнительных гипотез, если хотят выйти из узкого круга, в котором первоначально замкнулись. Если природа задалась целью создать *максимум* явлений при помощи *минимума* причин, то безусловно, что эта большая проблема разрешается ею во всей совокупности ее законов.

Нет сомнения, что очень трудно открыть основания этой замечательной экономии, т. е. наиболее простые причины явлений, рассматриваемых с достаточно широкой точки зрения. Но если этот общий принцип философии физических наук не приводит непосредственно к познанию истины, тем не менее он может направлять усилия человеческого ума, устраняя системы, которые сводят явления к слишком большому числу различных причин, и заставляя ум предпочтительно принять те, которые, опираясь на меньшее число гипотез, являются наиболее плодотворными по своим последствиям.

3. С этой точки зрения система взглядов, которая считает свет колебаниями универсальной жидкости, имеет большие преимущества по сравнению с эмиссионной теорией. Эта система дает возможность понять, каким образом свет способен принимать столь большое количество различных модификаций. Я не имею здесь в виду те кратковременные модификации, которые свет испытывает в телах, сквозь которые он проходит, и которые можно всегда отнести за счет природы сред, но те устойчивые видоизменения, которые он уносит с собой и которые придают ему новые качества. Понятно, что жидкость — собрание бесконечного числа подвижных взаимозависимых частиц — способна на большое количество различных модификаций, получающихся в результате относительных движений, которые сообщаются частицам.

Замечательный пример этого представляют колебания воздуха и разнообразие ощущений, которые они вызывают в органе слуха.

В эмиссионной системе, напротив, движение каждой световой частицы независимо от движения всех других, а потому число различных модификаций, на которые они способны, представляется исключительно ограниченным. Можно добавить движение вращения к поступательному движению, но это и все. Что же касается колебательных движений, то они могут существовать лишь в средах, которые поддерживали бы их при помощи неравного воздействия своих частей на различные стороны световых частиц, предполагая, что эти стороны обладают различными свойствами. Как только это действие прекращается, колебания должны также прекратиться или же превратиться во вращательное движение. Таким образом, вращательное движение и различие сторон одной и той же световой частицы являются единственными механиче-

скими ресурсами эмиссионной теории, при помощи которых эта теория должна представить все устойчивые изменения света [1].

Эти средства представляются весьма недостаточными, принимая во внимание многообразие явлений, с которыми имеет дело оптика.

В этом можно убедиться, читая «Трактат по экспериментальной и математической физике» г-на Био, в котором с большой подробностью и ясностью раскрыты основные следствия системы Ньютона. Из этого трактата можно видеть, что для объяснения оптических явлений в каждой световой частице нужно сосредоточить значительное число различных модификаций, которые часто весьма трудно друг с другом согласовать.

4. Согласно волновой теории бесконечное разнообразие лучей различных цветов, которые образуют белый свет, проистекает просто от различия в длинах световых волн аналогично тому, как многообразие музыкальных тонов обусловлено разницей в длинах звуковых волн. В ньютоновской теории это разнообразие цветов или ощущений, вызываемых в органе зрения, нельзя приписать разницам в массе или начальной скорости световых частиц, потому что из этого следовало бы, что дисперсия всегда должна быть пропорциональной преломлению, а опыт доказывает обратное. Тогда необходимо следует предположить, что частицы различно окрашенных лучей имеют различную природу [2]. Таким образом, появляется столько же различных световых частиц, сколько имеется цветов и различных оттенков в солнечном спектре.

5. Объяснив отражение и преломление действием отталкивающих и притягивающих сил, исходящих от поверхности тел, Ньютон, чтобы уразуметь явление цветных колец, придумал в световых частицах при-

---

[1] Если только не предположить, что световые частицы обладают некоторого рода намагничением или внутренней модификацией, являющейся результатом разложения или неравномерного распределения еще более тонкой жидкости, заключенной в каждой из частиц. По нашему мнению, это значит злоупотреблять аналогией, предполагая столь сложные свойства у элементарных частиц наиболее тонкой жидкости, которая только известна.

[2] В своих исследованиях по вопросу о колебаниях упругих жидкостей геометры пришли к выводу, что волны различных длин распространяются с одной и той же скоростью. Но, допуская этот вывод для однородной жидкости, из него не следует делать заключения, что то же самое имеет место, когда эта жидкость находится в промежутках между частицами значительно более плотного тела, обладающего к тому же совершенно другой упругостью. Вполне возможно, что запаздывание, вызываемое этими препятствиями в ходе световых волн, изменяется вместе с их длинами таким же образом, как она изменяется с формой, массой и промежутками между частицами среды. И если дисперсия — наиболее иррегулярное явление оптики — не была еще объяснена теорией колебаний, тем не менее нельзя сказать, что она находится в противоречии с этой системой. Ньютоновская теория не лучше объясняет законы дисперсии. Она полагает, что притяжения, которые оказывают тела на свет, изменяются в зависимости от природы тел и сообразно различным их отношениям к различным родам световых частиц; но можно ли назвать объяснением то, что ни в чем не упрощает науки и заменяет факты равным количеством частных гипотез?

ступы легкого отражения и легкого прохождения, возникающих периодически с равными интервалами. Естественно было предположить, что эти интервалы, как и скорость света, всегда одни и те же в одних и тех же средах и что, следовательно, при более косых углах падения диаметр колец должен уменьшаться, поскольку увеличивается пройденный путь. Опыт, однако, показывает, что, наоборот, диаметр колец увеличивается с увеличением угла падения. Ньютон вынужден был поэтому прийти к выводу, что приступы в этом случае увеличивали свою длину и притом в гораздо большем отношении, чем пройденные пути.

Он должен был также ожидать, что найдет более длинные приступы в средах, в которых свет распространяется с большей скоростью и которые, по Ньютону, являются наиболее плотными телами; ибо естественно было предположить, что длительности приступов изохронны в различных средах. Опыт доказал ему обратное: он убедился, что толщины слоев воздуха и воды, например, которые отражали тот же цвет при перпендикулярном падении, находятся в отношении синуса угла падения к синусу угла отражения для случая прохождения света из воздуха в воду; а это как раз и является одним из наиболее поразительных подтверждений волновой теории. Ему, следовательно, нужно было предположить, что длина приступов обратно пропорциональна скорости света, или, что то же самое, что их длительность обратно пропорциональна квадрату этой скорости.

Таким образом, эмиссионная система настолько недостаточна для объяснения явлений, что всякое новое явление требует новой гипотезы.

6. Если гипотеза приступов уже невероятна вследствие своей сложности, то она становится еще более невероятной, если проследить ее в ее следствиях.

Прежде всего следует заметить, что эта гипотеза была нужна не только для объяснения явления цветовых колец с точки зрения эмиссионной теории, но что она была еще необходима для объяснения того, каким образом часть попадающих на поверхность прозрачного тела световых частиц проникает внутрь тела, в то время как остальные отталкиваются и отражаются. Поскольку условия одинаковы и неизменны со стороны отражающей среды, ясно, что они должны быть изменяемыми и различными в световых частицах или, иными словами, частицы должны привнести с собой некоторые физические особенности, в силу которых они то притягиваются, то отталкиваются одним и тем же телом. Частичное отражение света, который уже прошел через прозрачную пластинку, от поверхности второй пластинки той же природы и аналогично расположенной показывает, что эти физические особенности не остаются постоянными, но изменяются в одной и той же световой частице; и прекрасные наблюдения Ньютона световых колец показывают периодичность этих изменений. Тогда при помощи указанных гипотез легко объяснить, почему часть световых частиц отражается от

поверхности прозрачного тела, в то время как другие проходят насквозь: именно тем, что первого рода частицы при своем приближении к поверхности тела находятся в приступе легкого отражения, в то время как другие находятся в приступе легкого прохождения. Однако, подойдя к поверхности, прошедшие затем через тело частицы не находятся посредине или в максимуме приступа легкого прохождения, так же как все отраженные частицы не находятся в максимуме приступа легкого отражения. Вследствие многообразия условий частицы должны находиться во всех различных степенях этих двух видов приступов, и количество световых частиц, которые в данный момент находятся в одном и том же периоде легкого прохождения, безусловно значительно меньше, чем то количество световых частиц, которые находятся в различных периодах. Но это различие в их физических особенностях в момент, когда они бывают преломлены, должно повлечь за собой разницу в интенсивности притягательной силы; ибо мы ведь предположили, что эти периодические особенности изменяют действие, оказываемое преломляющим телом, в такой степени, что они часто меняют притяжение на отталкивание. Однако, какова бы ни была функция, представляющая модификации, которые претерпевают действие преломляющей среды вследствие изменений в физических особенностях световых частиц, ясно, что эта функция не может переходить от положительного к отрицательному, не проходя через нулевую точку и через все другие промежуточные ступени. Таким образом, нельзя предположить, что все прошедшие через тело частицы будут притягиваться с одной и той же энергией; нужно, напротив, считать, что эта энергия значительно изменяется вследствие разнообразия физических особенностей частиц и что число частиц, для которых ускоряющая сила оказывается приблизительно одинаковой, значительно меньше, чем число частиц, для которых эта сила имеет различное значение. Таким образом, поскольку направление преломленных лучей определяется интенсивностью притягивающей силы, эти преломленные лучи должны бы иметь различные направления, что противоречило бы опыту; ибо известно, что когда преломляющая среда очень прозрачна, а ее поверхность хорошо отполирована, то имеется очень мало диффузного, т. е. иррегулярно преломленного света и что почти все лучи того же рода претерпевают в точности ту же степень отклонения. Мне кажется поэтому, что очень трудно примирить единообразный характер преломления с этими изменчивыми и периодическими особенностями световых частиц, которые, с другой стороны, если придерживаться эмиссионной системы, сказываются необходимыми для объяснения того, почему одна часть падающего света отражается прозрачным телом, в то время как другая пропускается.

7. Однако гипотеза приступов является не только маловероятной по своей сложности и трудно согласуемой с фактами в ее следствиях, но она недостаточна даже для объяснения явления цветных колец, для

чего она и была придумана. Она хорошо показывает, каким образом интенсивность света, отраженного от второй поверхности слоя воздуха, зависит от пути, пройденного в этом слое, но она не объясняет изменений отражения, обусловленных первой поверхностью; однако опыт показывает, что темные части колец происходят не только от ослабления второго отражения, но еще от ослабления первого отражения. Для того чтобы убедиться в этом, достаточно поместить призму на стекле, нижняя поверхность которого зачернена, так что глаз воспринимает только тот свет, который отражен от ограничивающих поверхностей слоя воздуха, заключенного между двумя стеклами. Если эти стекла расположить таким образом, чтобы призма выходила за пределы стекла и чтобы место соприкосновения находилось около края стекла, тогда можно легко сравнивать темные кольца с частью основания призмы, которая выдается за пределы стекла и которая направляет в глаз результат только одного отражения: тогда, пользуясь однородным светом, можно видеть, что эта часть призмы значительно более освещена, чем темные кольца; таким образом, эти кольца могут рассматриваться не только как результат устранения нижнего отражения, но и еще как результат значительного ослабления верхнего отражения, в особенности в наиболее темных точках первого и второго кольца, где, по-видимому, потухает всякое отражение, если стекла хорошо полированы, а падающий свет достаточно однороден. Очевидно, что если такое же явление не наблюдается в других кольцах, то это следует отнести целиком за счет недостаточной однородности света. Но если не удается получить полную черноту, можно легко, даже до шестого порядка, сделать кольца достаточно темными и тем самым выявить ослабление верхнего отражения.

Мне кажется, что это явление трудно объяснить с точки зрения ньютоновской теории. Можно сказать, что световые частицы, попав на поверхность призмы, притягиваются стеклом. Более или менее строго можно еще допустить эту гипотезу для центрального черного пятна, где контакт между двумя стеклами очень близок; но это не так для темных колец, которые его окружают. Помимо невероятности того, чтобы притягивающее действие тел на световые частицы могло иметь место на столь заметных расстояниях, как можно допустить, чтобы то же самое стекло, которое притягивает частица на расстоянии двойном, отталкивало бы их на расстоянии тройном, притягивало на расстоянии четверном и так далее? Вполне естественно предположить, что это явление есть результат того действия, которое свет, отраженный второй поверхностью слоя воздуха, оказывает на свет, который был отражен первой поверхностью, и что это действие изменяется в зависимости от изменения пройденных путей. Таким образом, цветные кольца, как и явления дифракции, приводят к принципу взаимодействия световых лучей, хотя они и не показывают этого с той же самой степенью очевидности.

8. В теории волн этот принцип является следствием основной гипотезы. В самом деле, когда две системы световых волн стремятся произвести совершенно противоположные движения в одной и той же точке пространства, они должны взаимно ослабляться и даже полностью уничтожаться, если оба импульса равны; и наоборот, колебания должны складываться в том случае, когда импульсы одинаково направлены. Интенсивность света будет, следовательно, зависеть от относительных положений двух систем волн, или, что то же самое, от разностей пройденных путей в том случае, когда они исходят из одного общего источника [1].

В противном случае изменения, которые необходимо испытывают колебания двух освещенных точек и которые должны следовать друг за другом с очень большой быстротой, уже не происходят одновременно и одинаковым способом, так как они независимы; следовательно, эффекты взаимодействия двух систем волн, которые порождаются источниками, все время меняются, и глаз уже не в состоянии их воспринять.

9. Гипотеза эмиссии несовместима с представлением и взаимодействием между световыми частицами, так как их независимость необходима, чтобы объяснить единообразия их перемещений. Но мне кажется, что можно было бы аналогичным образом объяснить те же самые явления, предположив, что колебания зрительного нерва, вызываемые ударами световых частиц о ретину, изменяются по интенсивности в зависимости от того, каким образом они следуют друг за другом [2].

Действительно, нетрудно понять, что если две частицы последовательно ударяют в одну и ту же точку ретины глаза, то интенсивность результирующего колебания должна зависеть от отношения между длительностью одного колебания зрительного нерва к интервалу времени, прошедшему между двумя ударами, так как второй удар может как ослабить, так и усилить колебания, вызванные первым ударом, в зависимости от того, согласуется ли он с первыми колебаниями или, наоборот, им противодействует. Но одной этой гипотезы недо-

---

[1] При помощи принципа интерференции можно легко объяснить закон цветных колец, когда направление падения света нормально к поверхности; не прибегая к предположению, что косое расположение слоя воздуха привносит какое-то изменение в длину проходящих через него световых волн, можно понять, почему диаметр колец увеличивается с углом падения. Этот принцип приводит к очень простой формуле, которая весьма хорошо представляет явление, за исключением случаев больших наклонов; в последних случаях результаты, получаемые по этому способу, заметно отличаются от наблюдений Ньютона. Вполне возможно, что это расхождение между теорией и опытом зависит от изменений обычного закона преломления для случаев, когда лучи с очень большим наклоном проходят между двумя стеклами, сближенными таким же образом, как те, которые отражают цветные кольца.

[2] Это объяснение явлений интерференции с точки зрения эмиссионной теории принадлежит господину Юнгу. (См. статью «Chromatics» в Дополнении к Encyclopaedia Britannica, статья 2 (раздел IV A); см. также Miscellaneous Works, стр. 328).

статочно. Нужно еще допустить, что световые частицы, расположенные на одной и той же сферической поверхности, имеющей центром излучающую точку, все испущены одновременно этим общим источником и что различные ряды частиц, которые следуют друг за другом, выбрасываются периодически с равными интервалами так, как будто бы их эмиссия была результатом колебаний. С точки зрения волновой теории также нельзя объяснить ощутимых эффектов, произведенных взаимодействием световых лучей, если не предположить, что лучи исходят из общего источника. Но в этом случае одновременное исхождение лучей является непосредственным следствием принятой системы, в то время как в теории эмиссии это обстоятельство требует допущения новой гипотезы. В волновой теории цвет световых лучей, или ощущение, которое они вызывают в глазу, зависит от длительности колебаний или длин волн. Очевидно, что интервал, соответствующий согласованности или несогласованности этих колебаний и определяющий толщину слоев воздуха в тех точках, где рисуются темные или яркие кольца, должен меняться в зависимости от употребляемого рода света. В системе эмиссии, где различие цвета обусловлено различием в природе световых частиц, нужно предположить, что интервалы между испусканием световых частиц, которые выбрасываются световой точкой, или, если предпочитают такое выражение, что колебания этой точки изменяются вместе с природой световых частиц, которые она испускает, всегда одинаковы для частиц одинакового рода. Эта последняя гипотеза кажется совершенно неосновательной, поскольку трудно ее оправдать. Однако она необходима, если хотят ввести в эмиссионную теорию столь плодотворный принцип интерференции.

10. Множественность и сложность гипотез не является единственным недостатком эмиссионной системы. Я в дальнейшем покажу, что, даже принимая все те гипотезы, которые я только что изложил, все равно не удается дать исчерпывающее объяснение явлений и что единственно волновая теория может дать объяснения всех явлений, связанных с дифракцией света.



ФУРЬЕ

(1768—1830)

Жан Батист Жозеф Фурье родился в г. Осере (Оксер) в семье портного. Восьми лет Жан осиротел; друзья отца помогли ему поступить в военную школу, где позже он и преподавал. Два года Фурье был послушником в монастыре; после Великой Французской революции, с 1795 г. он работал в Нормальной школе, а затем после ее преобразования — в Политехнической школе.

Фурье был советником Наполеона по науке и принимал участие в походе в Египет и некоторое время даже управлял этой страной. В 1802—1815 гг. Фурье был префектом департамента Изеры; в этот период он начал работать над созданием теории тепла. Трудным для Фурье было время Реставрации. Только в 1826 г. он стал, наконец, членом Академии, поскольку до этого его выборам противился Людовик XVIII. После смерти Лапласа Фурье был назначен председателем Совета Политехнической школы.

Работы Фурье оказали большое влияние на всю физику и математику XIX века. Тригонометрические ряды Фурье, позволяющие представлять произвольную функцию в виде суммы гармоник, стали одним из главных инструментов математической физики, а затем и теории функций. Во многих выводах Фурье полагался на свою мощ-

ную физическую интуицию, и его мало волновали вопросы строгости полученных им выводов; ряд его результатов был затем обоснован и развит Дирихле, Риманом, Кантором и Вейерштрассом.

Мы приводим введение к «Аналитической теории тепла» (1822). Количественные законы теплоты, сформулированные Фурье, необходимым образом должны были предшествовать созданию термодинамики в трудах Карно, Томсона (лорда Кельвина) и Клаузиуса.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ТЕПЛА

Первопричины вещей нам неизвестны, но они подчинены простым и постоянным законам, которые могут быть открыты путем наблюдения и изучение которых составляет предмет натуральной философии.

Теплом, так же как и тяготением, пронизано все вещество во Вселенной, его лучи занимают все части пространства. Цель нашего сочинения — изложить математические законы, которым следует этот элемент, и отныне эта теория образует одну из самых важных отраслей общей физики.

Сведения, которые древние сумели приобрести в рациональной механике, до нас не дошли, и история этой науки, если не считать первых теорем о гармонии, не идет дальше открытий Архимеда. Этот великий геометр дал математические принципы равновесия твердых и жидких тел. Прошло примерно 18 веков, прежде чем Галилей, первый создатель динамических теорий, открыл законы движения весомых тел. Ньютон включил в эту новую науку всю систему мироздания. Последователи этих естествоиспытателей придали этим теориям размах и великолепное совершенство; они показали, что самые разнообразные явления подчинены небольшому числу основных законов, которые повторяются во всех явлениях природы. Было признано, что одни и те же принципы управляют движениями светил, их формой и неравенствами орбит, равновесием и колебаниями морей, гармоническими колебаниями воздуха и звучащих тел, распределением света, капиллярными явлениями, колебаниями жидкостей, словом, самыми сложными действиями всех природных сил, что подтвердило мысль Ньютона: *Quod tam paucis tam multa praestet geometria gloriatur*[1].

Но как бы всеобъемлющи ни были механические теории, они никак не применимы к тепловым эффектам. Тепло принадлежит к особому разряду явлений, которые не могут быть объяснены законами движения и равновесия. Люди давно обладают хитроумными ин-

[1] Скорее меньше, чем больше людей, которые прославили себя в геометрии. *(Лат.)*

струментами, пригодными для измерения многих из этих явлений; получены очень ценные наблюдения, однако нам известны только частные результаты, а математические законы, которые управляют движением тепла, нам неизвестны.

Я вывел эти законы на основании долгого изучения и внимательного сравнения ранее известных фактов; в течение нескольких лет я заново, пользуясь самыми точными инструментами, до сих пор не употреблявшимися, наблюдал эти явления.

Чтобы обосновать эту теорию, прежде всего надо было выявить и точно определить элементарные свойства, которые определяют тепловые явления. Впоследствии я обнаружил, что все явления, зависящие от действия тепла, сводятся к небольшому числу общих и простых фактов; и, таким образом, все физические вопросы этого рода подчинены математическому анализу. Я пришел к следующему выводу: для того, чтобы численно описать самые разнообразные тепловые явления, достаточно определить для каждого вещества три его основных качества. Действительно, не все тела в одинаковой степени обладают способностью *содержать* тепло, *получать* или *передавать* тепло через свою поверхность и *проводить* его в глубину массы. Наша теория очень четко различает эти три специфических качества и указывает на то, как их измерить.

Легко вообразить тот интерес, какой представляют эти результаты для физической науки и промышленности и каково может быть их влияние на развитие искусств, требующих употребления и распределения огня. Кроме того, они имеют непосредственное отношение к системе мира, особенно, если принять во внимание те явления, которые происходят у поверхности земного шара.

В самом деле, солнечные лучи, в которые эта планета непрестанно погружена, проникают в воздух, землю, воду; его элементы делятся, рассеиваются во все стороны. Проникая в массу земного шара, они поднимали бы все больше и больше его среднюю температуру, если бы это добавочное тепло не уравновешивалось тем, которое излучается со всех точек поверхности и распространяется обратно в небо.

Различные климатические зоны, расположенные неодинаково по отношению к действию солнечного тепла, приобрели в течение долгого времени температуру, соответствующую их положению. Но это распределение подвергается изменению в силу многих добавочных причин, таких как: высота и форма земной поверхности, соседство и протяженность континентов и морей, состояние поверхности и направление ветров.

Чередование дня и ночи, времен года вызывают на суше периодические изменения, которые возобновляются каждый день или каждый год; но чем дальше от поверхности земли находится точка, в которой измеряется температура, тем эти изменения менее чувствительны. Так, на глубине примерно трех метров нельзя заметить никаких ежеднев-

ных изменений, а ежегодные перемены перестают быть заметными на глубине, гораздо меньшей, чем 60 метров. Таким образом, температура на глубине в определенных местах весьма постоянна; но она не одинакова для всех точек одной и той же параллели; в общем, она увеличивается по мере приближения к экватору.

Тепло, которое Солнце дало земному шару и которое породило разнообразие климатов, подчинено движению, ставшему теперь единообразным. Оно продвигается внутрь массы Земли, целиком проникая в нее; в то же время, удаляясь от экватора, теряется в пространствах полярных стран.

В верхних слоях атмосферы воздух, будучи разреженным и прозрачным, сохраняет только малую часть тепла солнечных лучей; это является главной причиной чрезвычайного холода высоко в горах. Нижние слои, будучи более плотными и более нагретыми землей и водами, расширяются и подымаются; в силу расширения они остывают. Крупные по масштабу движения воздуха, как пассаты, дующие между тропиками, вызываются вовсе не силами притяжения Луны или Солнца. На таком большом расстоянии действие этих светил на разреженный газ вызывает лишь мало ощутимые колебания. Атмосферные массы периодически перемещаются в силу изменения температуры, а вовсе не по причине воздействия сил притяжения.

Поверхность вод океана иначе подвергается действию солнечных лучей, и масса воды от полюсов до экватора обогревается очень неравномерно. Эти две постоянно действующие причины, вместе с силой притяжения и центробежной силой, поддерживают движение огромных масс воды в глубинах моря. Они перемещаются и смешивают все части и вызывают те регулярные и общие течения, которые наблюдаются мореплавателями.

Тепло, которое излучается поверхностью всех тел и пронизывает упругую среду или пустые воздушные пространства, подчиняется специальным законам и вызывает самые различные явления. Физические объяснения этих явлений известны; математическая теория, мною созданная, дает их точное количественное описание. Эта теория, которая имеет свои собственные теоремы, служит для вычисления всех явлений теплоты как прямой, так и отраженной.

Сущность поставленных мною вопросов следует из перечисления главного содержания этой теории. Каковы элементарные качества, которые необходимо наблюдать в каждом веществе, и в чем состоят самые подходящие эксперименты для их точного определения? Если общие законы управляют распределением тепла в твердом веществе, то каково математическое выражение этих законов? При помощи какого анализа можно вывести из этих математических выражений полное решение основных вопросов?

Почему температура земли перестает изменяться со временем на глубине, малой по сравнению с радиусом земного шара? Так как каждое

изменение движения этой планеты должно вызывать колебания солнечного тепла под поверхностью, то мы можем спросить, какое соотношение существует между длительностью периода и той глубиной, на которой температура становится постоянной?

Сколько времени должно было пройти, чтобы климатические зоны могли приобрести те различные температуры, которые сохраняются и сейчас; и какие причины могут теперь заставить их изменить свою среднюю температуру? Почему ежегодные изменения расстояния Земли от Солнца не вызывают на поверхности этой планеты значительных изменений в температуре?

По каким признакам можно установить, что земной шар не полностью утратил свою первоначальную теплоту; и каковы точные законы этой потери?

Если первоначально это тепло не полностью рассеялось, на что указывают некоторые наблюдения, то оно может быть огромным на больших глубинах; однако оно не имеет никакого заметного влияния на среднюю температуру поверхности. Наблюдаемые явления обязаны своим происхождением действию солнечных лучей; но независимо от этих источников тепла — основного и первоначального, присущего земному шару, и вторичного, обязанного своим существованием присутствию Солнца,— не имеется ли более всеобщей причины, которая определяет *температуру неба* в той части пространства, которую занимает сейчас солнечная система? Так как наблюдаемые явления делают эту причину необходимой, то в чем же будут выводы этой теории в этом абсолютно новом вопросе? Каким образом можно будет определить постоянную величину этой *температуры пространства* и вывести отсюда температуру, соответствующую каждой планете?

К этому следует добавить вопросы, зависящие от свойств лучистого тепла. Нам точно известны физические причины отражения холода, т. е. отражения наименьшего тепла; но в чем состоит математическое выражение этого явления?

От каких общих причин зависит температура атмосферы,— в случае, когда лучи Солнца непосредственно попадают на металлическую или полированную поверхность термометра, или же этот инструмент выставлен ночью, под небом без облаков, для контакта с воздухом, с излучением земных тел и с самыми отдаленными и холодными частями атмосферы?

Так как интенсивность лучей, исходящих из одной точки поверхности нагретых тел, варьирует в зависимости от их наклона, согласно закону, установленному опытом, то не имеется ли необходимой математической связи между этим законом и общим равновесием тепла? Какова физическая причина этой разницы в интенсивности лучей?

Наконец, если тепло проникает в массу жидкости и определяет ее внутреннее движение через непрерывное изменение температуры и плотности каждой молекулы, то нельзя ли также на основе законов, кото-

рыми описываются эти явления, написать дифференциальные уравнения и таким образом получить общие уравнения гидродинамики?

Вот те главные вопросы, которые я решил и которые до сих пор еще не были подвергнуты анализу. Если же принять во внимание многочисленные следствия этой математической теории для промышленности и техники, то придется признать всю широту области ее применения. Очевидно, что она охватывает ряд различных явлений и что нельзя избежать их изучения, не отбросив значительную часть науки о природе.

Принципы этой теории, так же как и принципы рациональной механики, выведены из очень небольшого числа первичных явлений, причину которых геометры не рассматривают, но которые они допускают как результаты общих наблюдений, подтвержденные всеми опытами.

Дифференциальные уравнения распространения тепла выражают самые общие условия и сводят физические вопросы к проблеме чистого анализа, что, в сущности, и есть предмет теории. Они доказываются не менее точно, чем общие уравнения равновесия и движения, и, чтобы сделать это сравнение более ощутимым, мы все время предпочитали пользоваться доказательствами, аналогичными теоремам, которые служат основанием статики и динамики. Эти уравнения получают несколько иную форму, в зависимости от того, выражают ли они распределение лучистого тепла в прозрачных телах или движения, которые вызываются изменением температуры и плотности внутри жидкостей. Коэффициенты их подвержены изменениям, точная мера которых еще неизвестна; но для всех тех явлений природы, которые для нас важнее всего, область изменения температур настолько мала, что изменениями этих коэффициентов можно пренебречь.

Уравнения движения тепла, так же как уравнения, описывающие колебания тел, либо колебания жидкостей, принадлежат к недавно открытой области математики, которую было важно усовершенствовать. Установив дифференциальное уравнение, нужно было найти их интегралы — перейти от общего выражения к конкретному решению, подчиненному определенным условиям. Эти трудные исследования требовали специального анализа, основанного на новых теоремах, сущность которых мы здесь не можем изложить. Вытекающий отсюда метод не оставляет места ничему неясному или неопределенному в решениях. Эти решения дают численный ответ — необходимое условие для всех исследований, без них можно прийти только к бесполезным преобразованиям.

Те самые теоремы, которые дали нам интегралы уравнений движения тепла, нашли немедленное применение также к вопросам общего анализа и динамики; решение этих вопросов давно было желательным.

Углубленное изучение природы является самым плодотворным источником математических открытий. Придавая исследованиям определенную цель, изучение природы не только имеет то преимущество, что оно исключает неясные вопросы и безрезультатные вычисления. Оно, кроме того, является верным средством создания самого анализа и обнаруживает эле-

менты, которые нам важнее всего узнать и которые всегда должны быть сохраняемы этой наукой; это те основные элементы, которые повторяются во всех явлениях природы.

Мы видим, например, что одно и то же уравнение, которое математически рассматривали как выражение абстрактных свойств и которое в этом отношении принадлежит общему анализу, одновременно является уравнением движения света в атмосфере; это же выражение описывает законы диффузии тепла в твердом веществе, и оно же входит во все главные задачи теории вероятностей.

Аналитические уравнения, неизвестные древним геометрам, которые Декарт ввел для изучения кривых и поверхностей, не ограничиваются только свойствами геометрических тел или предметом рациональной механики; они распространяются на все общие явления. Не может быть языка более всеобъемлющего, чем аналитические уравнения, и более простого, лишенного ошибок и неясностей, т. е. более достойного для выражения неизменных соотношений реального мира.

Рассматриваемый с этой точки зрения математический анализ так же всеобъемлющ, как сама природа; анализ выражает связь всех явлений, дает меру времени, пространству, силе, температуре. Эта трудная наука создается медленно, но она сохраняет все принципы, однажды приобретенные; она постоянно растет и крепнет среди стольких колебаний и ошибок человеческого разума. Главным атрибутом анализа является ясность; у нас нет знаков для выражения неясных понятий. Он сближает самые разнообразные явления и обнаруживает объединяющие их скрытые аналогии. Если материя, как воздух и свет, ускользает от нас в силу своей тонкости, если тела помещены далеко от нас в бесконечности пространства, если человек желает узнать картину небес в последующие эпохи, отделенные от нас многими веками, если явления гравитации и тепла происходят в недрах земного шара, на тех глубинах, которые всегда будут нам недоступными, то математический анализ и тогда осветит законы этих явлений. Он делает их реальными и измеримыми. Математический анализ, являясь способностью человеческого разума, восполняет краткость нашей жизни и несовершенство наших чувств. Еще более замечательно то, что математический анализ идет одной и той же дорогой в изучении всех явлений; он объясняет их одним языком, как бы для того, чтобы подчеркнуть единство и простоту устройства Вселенной и еще раз указать на неизменность истинных законов природы.

Теория тепла дает множество примеров этих простых и постоянных положений, которые порождаются общими законами природы. Если бы порядок, установленный в этих явлениях, мог быть охвачен нашими чувствами, то у нас возникло бы ощущение гармонии, сравнимое с чувством гармонии звука.

Формы тел бесконечно разнообразны; распределение тепла, проникающего в них, может быть произвольным и неясным; но все неравномер-

ности распределения быстро стираются и исчезают по истечении времени. Ход явления становится более упорядоченным и простым. Наконец, они подчиняются определенному закону, одинаковому для всех случаев, и мы не видим уже никаких заметных следов начальных условий. Все наблюдения подтверждают эти следствия. Анализ, из которого они вытекают, различает и ясно объясняет: 1) общие условия, т. е. те, которые являются результатом естественных свойств тепла; 2) случайное, но существующее влияние формы и состояния поверхностей; 3) переходные явления первоначального распределения.

В этом сочинении мы развили все принципы теории тепла и решили все фундаментальные вопросы. Можно было бы изложить их в более сжатой форме, опустив простые вопросы, и дать самые общие выводы; но мы хотели показать происхождение этой теории и ее последующее развитие. Когда понимание уже достигнуто и принципы полностью определены, то предпочтительно немедленно возможно шире использовать аналитические методы, как это мы делали в прежних исследованиях. Отныне мы будем следовать по этому пути в мемуарах, прилагаемых к этому труду, которые в некотором смысле образуют дополнение к нему. Таким образом, мы совместим, насколько это может зависеть от нас, необходимое развитие принципов с точностью, нужной при применении анализа.

Темой этого мемуара является теория лучистого тепла, вопрос температуры Земли, температуры жилищ, сравнение теоретических результатов с тем, что мы наблюдали при различных опытах, и, наконец, вывод дифференциальных уравнений движения тепла в жидкостях.

Труд, который мы публикуем сегодня, был написан давно; различные обстоятельства задерживали, а часто прерывали его напечатание. Во время этих перерывов наука обогатилась важными наблюдениями. Принципы нашего анализа, которые сначала не были поняты, стали более известны, и наши выводы были обсуждены и подтверждены другими. Мы сами применили эти принципы к новым вопросам и изменили форму некоторых доказательств. Задержка публикации будет способствовать тому, что труд этот будет более ясным и более полным.

Наши первые аналитические изыскания о передаче тепла имели своей темой распределение тепла между разъединенными массами; мы сохранили их в разделе 2 главы III. Вопросы, относящиеся к сплошным телам, которые и образуют, собственно говоря, теорию, были решены несколько лет спустя; эта теория была изложена впервые в рукописи, переданной в Институт де Франс в конце 1807 г., и выдержка из нее была опубликована в Бюллетене наук (Société philomatique, 1808, p. 112). Мы приложили к этим мемуарам довольно обширные заметки, касающиеся сходимости рядов, диффузии тепла в бесконечной призме, излучения тепла в разреженное пространство, простых построений, способных сделать вывод основных теорем более наглядными, и анализа периодического движения тепла на поверхности земного шара.

Наш второй мемуар о распространении тепла был передан Институту 28 сентября 1811 г. Он написан на основании предыдущего доклада и заметок; в нем опущены геометрические построения и детали анализа, которые не имели отношения к вопросам физики, и мы добавили общее уравнение, описывающее состояние поверхности. Эта вторая работа была передана в печать в 1821 г. на предмет включения ее в собрание трудов Академии наук. Она напечатана без всяких изменений и добавлений; текст буквально соответствует рукописи, которая находится в архивах Института.

В этом докладе и предшествующих ему работах можно найти первое изложение приложений, которые не содержатся в теперешнем нашем сочинении. Приложения теории изложены с большей ясностью в последующих докладах, и результаты нашей работы, касающиеся тех же вопросов, указаны в различных, уже опубликованных статьях. Выдержка, напечатанная в «Annales de chimie et de physique» (1816, t. III, p. 350), знакомит с совокупностью наших изысканий. Мы опубликовали в этих анналах две отдельные заметки, касающиеся лучистого тепла (1817, t. IV, p. 128; 1817, t. VI, p. 259).

Другие статьи того же сборника дают основные результаты теории и наблюдений; польза и разнообразие термологических сведений были по достоинству оценены знаменитыми редакторами анналов.

В Бюллетене наук (Société philomatique, 1818, p. 1; 1820, p. 60) напечатана выдержка из доклада о постоянной или меняющейся температуре жилищ, а также изложение основных выводов нашего анализа температуры Земли.

Александр Гумбольдт, исследования которого охватывают все главные вопросы философии природы, рассмотрел с новой и очень важной точки зрения наблюдения над температурами, присущими разным климатическим зонам (Мемуар о изотермах, Société d'Arcueil, t. III, p. 462; Мемуар о нижней границе вечных снегов, Annales de chimie et de physique, 1817, t. V, p. 102).

Что касается дифференциальных уравнений движения тепла в жидкостях, то об этом было упомянуто в ежегодном отчете Академии наук. Эта выдержка из нашего доклада ясно показывает их предмет и принцип (M. Де Ламбр. Analyse des travaux de l'Académie des Sciences. 1820).

Исследование отталкивающих сил, порождаемых теплом, которые предопределяют статические свойства газа, не входило в рассматриваемую нами аналитическую тему. Этот вопрос, связанный с теорией лучистого тепла, был только что рассмотрен знаменитым автором «Небесной механики», которому все главные разделы математического анализа обязаны важными открытиями.

Новые теории, изложенные в наших трудах, навсегда связаны с математическими науками и так же, как они, покоятся на неизменных основаниях; они сохранят все элементы, которыми обладают сейчас, и будут приобретать впредь все бóльшую широту. Приборы будут совершен

ствоваться, и будет умножаться число опытов. Созданный нами анализ будет выводиться более общими методами, т. е. более простыми и более плодотворными, общими для многих классов явлений. Все тепловые свойства и тепловые постоянные будут определены для твердых и жидких тел, для паров и постоянных газов. В различных местах земного шара станут наблюдать температуру почвы на разных глубинах, интенсивность солнечного тепла, его действие, постоянное или меняющееся, на атмосферу, океан и озера; будет измерена постоянная температура неба, свойственная планетарным сферам. Именно теория будет направлять эти измерения и определять их точность, и теория отныне не сможет достигнуть значительного прогресса, который бы не был основан на опыте. Математический анализ может вывести выражение законов природы из общих и простых явлений; но специальное применение этих законов к сложным явлениям требует долгого ряда точных наблюдений.



КАРНО

(1796—1832)

Никола́ Леона́р Сади́ Карно родился в Париже. Его отец, математик и политический деятель Лаза́р Карно — «Великий Карно», «организатор победы», военный министр при Директории, после июня 1800 г. был отстранен от дел Наполеоном.

Карно получил прекрасное домашнее образование; в 1812 г. поступил в Политехническую школу. Карно окончил школу в 1814 г. шестым в выпуске и получил назначение в инженерные войска, имея надежду и перспективу на блестящую карьеру. Однако после Ватерлоо, Реставрации и осуждения отца он перешел сначала на штабную работу, а затем уволился в резерв. Всю свою недолгую жизнь Карно прожил в Париже, лишь навестив в Магдебурге отца, высланного за границу после вторичной реставрации Бурбонов.

Несмотря на служебные заботы, Карно много занимался физикой, математикой, биологией, экономикой. Он был прекрасным спортсменом, его увлекали музыка и живопись; однако интенсивные занятия наукой подорвали его здоровье. Летом 1832 г. он заболел скарлатиной, осложнившейся воспалением мозга; едва оправившись, он вскоре умер от холеры.

Единственным трудом, опубликованным Карно и обессмертившим его имя, стал мемуар «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу», который был издан автором в 1824 г. в Париже отдельной брошюрой объемом в 60 страниц. Будучи представленной в Академию, эта работа не привлекла внимания современников: никто не смог оценить замечательных, хотя и несколько абстрактных, выводов молодого французского инженера. Лишь много позже его результаты были воспроизведены и развиты Клапейроном, который в 1834 г. придал рассуждениям Карно знакомую нам графическую форму. Только к середине века в работах Томсона (лорда Кельвина) и Клаузиуса идеи Карно были положены в основу второго начала термодинамики.

В своей работе Карно использует представление о теплороде (флогистоне) для описания теплового состояния тел; однако в дневниках Карно есть неоспоримые свидетельства того, что он совершенно четко представлял себе закон сохранения энергии в том виде, как через много лет его сформулировали Роберт Майер (1842) и Джоуль (1843), и затем в 1847 г. распространил на все физические явления Гельмгольц.

Мы приводим начало мемуара Карно, поскольку в этой работе нет никакого вступления.

РАЗМЫШЛЕНИЯ О ДВИЖУЩЕЙ СИЛЕ ОГНЯ И О МАШИНАХ, СПОСОБНЫХ РАЗВИВАТЬ ЭТУ СИЛУ

Никто не сомневается, что теплота может быть причиной движения, что она даже обладает большой двигательной силой: паровые машины, ныне столь распространенные, являются этому очевидным доказательством.

Теплоте должны быть приписаны те колоссальные движения, которые поражают наш взгляд на земной поверхности; она вызывает движение атмосферы, поднятие облаков, падение дождя и других осадков, заставляет течь потоки воды на поверхности земного шара, незначительную часть которых человек сумел применить в свою пользу; наконец, землетрясения, вулканические извержения также имеют причиной теплоту.

Из этих огромных резервуаров мы можем создавать движущую силу, нужную для наших потребностей; природа, повсюду предоставляя горючий материал, дала нам возможность всегда и везде получать теплоту и сопровождающую ее движущую силу. Развивать эту силу и приспособлять ее для наших нужд — такова цель тепловых машин.

Изучение этих машин чрезвычайно интересно, так как их значение весьма велико, и их распространение растет с каждым днем. Повидимому им суждено сделать большой переворот в цивилизованном мире. Тепловая машина уже обслуживает наши шахты, двигает наши корабли, углубляет гавани и реки, кует железо, обрабатывает дерево,

мелет зерно, ткет и прядет наши ткани, переносит самые тяжелые грузы и т. д. Со временем, должно быть, она станет универсальным двигателем, который получит преимущество над силой животных, падающей воды и потоков воздуха. Перед первыми двигателями она имеет то преимущество, что экономнее их, перед двумя остальными — неоцененное преимущество, что может работать всегда и везде и никогда не прерывать своей работы.

Если когда-нибудь улучшения тепловой машины пойдут настолько далеко, что сделают дешевой ее установку и использование, то она соединит в себе все желательные качества и будет играть в промышленности такую роль, всю важность которой трудно предвидеть. Она не только заменит имеющиеся теперь двигатели удобным и мощным двигателем, который можно повсюду перенести и поставить, но и даст тем производствам, к которым будет применена, быстрое развитие и может даже создать новые производства.

Наибольшая услуга, оказанная тепловой машиной Англии,— возрождение деятельности угольных копей, грозивших совсем заглохнуть, вследствие все возрастающей трудности откачивать воду и поднимать уголь [1]. Во вторую очередь надо поставить услугу, оказанную производству железа, как благодаря широкой замене дров углем как раз в тот момент, когда естественные запасы древесного топлива подходили к концу, так и благодаря машинам всякого рода, применение которых позволила или облегчила тепловая машина.

Железом и огнем, как известно, питаются и поддерживаются механические производства. В Англии, может быть, не существует ни одного промышленного предприятия, существование которого не было бы основано на употреблении этих двух агентов и их широком использовании. Отнять у Англии в настоящее время ее паровые машины — означало бы разом отнять у нее и железо и уголь, отнять у нее все источники богатства, уничтожить все средства к процветанию; это означало бы уничтожить всю ее великую мощь. Уничтожение флота, который она считает своей главной опорой, было бы для нее менее губительным.

Надежное плавание паровых кораблей можно рассматривать, как совершенно новое искусство, обязанное тепловой машине. Тепловая машина позволила установить регулярное и быстрое сообщение через морские проливы и по большим рекам Старого и Нового Света. Она позволила пройти через дикие страны, куда еще недавно можно было едва

[1] Можно утверждать, что в Англии, со времени изобретения тепловых машин, добыча угля удесятерилась. Приблизительно то же имеет место относительно добычи меди, олова и железа. Воздействие, которое тепловая машина оказала полвека тому назад на копи Англии, ныне повторяется на серебряных и золотых рудниках Нового Света — рудниках, производительность которых сокращалась изо дня в день, главным образом, благодаря неудовлетворительному действию машин, откачивавших воду и поднимавших руду.

проникнуть, позволила принести плоды цивилизации в такие точки земного шара, где их иначе пришлось бы ждать еще долгие годы. Плавание с помощью тепловых машин сближает в некотором роде наиболее отдаленные нации. Паровая машина связывает народы земли, как если бы они все жили в одном и том же месте. В самом деле, уменьшить продолжительность, утомительность, ненадежность и опасности путешествий — разве это не значит уменьшить расстояние? [1]

Тепловая машина, как и большинство человеческих изобретений, родилась из ряда попыток, приписываемых различным людям; истинный же автор остается неизвестным. Но не в этих попытках заключается существенная часть открытия, а в последовательных усовершенствованиях, приведших тепловую машину к ее современному виду. Приблизительно такое же расстояние отделяет первый прибор, использовавший силу расширения пара, от современной машины, какое отделяет первый плот, построенный людьми, от многопалубного корабля.

Если честь открытия должна принадлежать той нации, в которой оно получило рост и развитие, то здесь в этой части нельзя отказать Англии: Савери, Ньюкомен, Смитсон, знаменитый Уатт, Вулф, Треветик и некоторые другие английские инженеры являются истинными создателями тепловой машины; в их руках она прошла через все последовательные ступени усовершенствований. Естественно, что изобретение появляется и особенно развивается там, где в нем имеется наибольшая потребность.

Несмотря на работы всякого рода, предпринятые относительно паровых машин, несмотря на удовлетворительное состояние, в которое они теперь приведены, их теория весьма мало подвинута и попытки их улучшить почти всегда руководились случаем.

Часто поднимали вопрос: ограничена или бесконечна движущая сила тепла [2], существует ли определенная граница для возможных улучшений, граница, которую природа вещей мешает перешагнуть каким бы то ни было способом,— или, напротив, возможны безграничные улучшения? Также долгое время искали и ищут теперь, не существует ли агентов, более предпочтительных, чем водяной пар, для развития движущей силы огня; не представляет ли, например, атмосферный воздух в этом отношении больших преимуществ. Мы ставим себе задачу подвергнуть здесь эти вопросы внимательному рассмотрению.

---

[1] Мы говорим — уменьшить опасности путешествий: в самом деле, если применение тепловых машин на корабле и представляет некоторые опасности, впрочем весьма преувеличенные, то они с избытком искупаются возможностью всегда держаться на посещаемом и хорошо известном пути и противостоять усилиям ветра, когда он несет корабль на берег, мель или рифы.

[2] Мы употребляем здесь выражение движущая сила, чтобы обозначить полезное действие, которое может дать двигатель. Это действие всегда возможно свести к поднятию груза на определенную высоту; мерой его, как известно, является произведение веса на высоту, на которую груз поднят.

Явление получения движения из тепла не было рассмотрено с достаточно общей точки зрения. Его исследовали только в машинах, природа и образ действия которых не позволяли дать ему того полного развития, на которое оно способно. У подобных машин это явление сказывается в искаженном и неполном виде; поэтому трудно узнать его основы и изучить его законы.

Чтобы рассмотреть принцип получения движения из тепла во всей его полноте, надо его изучить независимо от какого-либо механизма, какого-либо определенного агента; надо провести рассуждения, приложимые не только к паровым машинам, но и ко всем мыслимым тепловым машинам [1], каково бы ни было рабочее вещество и каким бы образом на него ни производилось действие.

Машины, не получающие движения от тепла, а имеющие двигателем силу человека или животных, падение воды, поток воздуха и т. д., могут быть изучены до самых мелких деталей посредством теоретической механики. Все случаи предвидимы, все возможные движения подведены под общие принципы, прочно установленные и приложимые при всех обстоятельствах. Это — характерное свойство полной теории. Подобная теория, очевидно, отсутствует для тепловых машин. Ее нельзя получить, пока законы физики не будут достаточно расширены и достаточно обобщены, чтобы наперед можно было предвидеть результаты определенного воздействия теплоты на любое тело.

Мы будем в последующем предполагать знание, хотя бы приблизительное, различных частей, составляющих обычную паровую машину. Поэтому мы считаем излишним объяснять, что такое топка, паровой котел, паровой цилиндр, поршень, холодильник и т. д.

Получение движения в паровых машинах всегда сопровождается одним обстоятельством, на которое мы должны обратить внимание. Это обстоятельство есть восстановление равновесия теплорода, т. е. переход теплорода от тела, температура которого более или менее высока, к другому, где она ниже. В самом деле, что происходит в паровой машине, находящейся в действии? Теплород, полученный в топке благодаря горению, проходит через стенки котла, приводит к образованию пара и с ним как бы соединяется. Пар увлекает его с собой, несет сперва в цилиндр, где он выполняет некоторую службу, и оттуда в холодильник, где, соприкасаясь с холодной водой, пар сжижается. Холодная вода холодильника поглощает в конечном счете теплород, полученный сгоранием. Она согревается действием пара, как если бы была поставлена непосредственно на топку. Пар здесь только средство переноса теплорода; он выполняет ту же роль, что и при отоплении бань паром, с той только разницей, что здесь его движение становится полезным.

---

[1] Мы различаем здесь паровые машины и тепловые машины вообще: последние могут употреблять любой агент, водяной пар или что-нибудь другое для развития движущей силы.

В процессах, которые мы описали, легко узнать восстановление равновесия теплорода, его переход от тела более или менее нагретого к телу более холодному. Первое из этих тел — сожженный в топке воздух, второе — вода холодильника. Восстановление равновесия теплорода происходит между ними, если не полностью, то во всяком случае отчасти, так как, с одной стороны, сожженный воздух, выполнив свою роль, побыв в соприкосновении с котлом, уйдет в трубу с температурой более низкой, чем та, которую он получил при сгорании, и, с другой стороны, вода холодильника, ожижив пар, удалится из машины с температурой более высокой, чем она имела первоначально.

Возникновение движущей силы обязано в паровых машинах не действительной трате теплорода, а *его переходу от горячего тела к холодному*, т. е. восстановлению его равновесия — равновесия, которое было нарушено некоторой причиной, будь то химическое воздействие, как горение, или что-нибудь иное. Мы увидим, что этот принцип приложим ко всем машинам, приводимым в движение теплотой...



АМПЕР

(1775—1836)

Андре Мари Ампер родился в Лионе в аристократической семье. Способности молодого Ампера проявились рано; он обладал необыкновенной памятью и образование получил по существу самостоятельно. Уже в 14 лет он прочитал все 28 томов «Энциклопедии» и сам написал сочинение по коническим сечениям. Большим потрясением для Ампера была казнь отца, гильотинированного в 1793 г. В 1799 г. Ампер стал преподавать физику в Центральной школе в г. Бурк-ан-Брес. Его работа «К математической теории игр» послужила основанием для приглашения Ампера на кафедру физики в Лион. Еще одним потрясением, от которого Ампер по существу так и не оправился, стала смерть его горячо любимой жены. Овдовев в 1804 г., Ампер переехал в Париж, где прошла вся вторая половина его жизни. В разное время он преподавал физику, математику и механику в Политехнической и Нормальной школе, в Коллеж де Франс. В 1808 г. Ампер был назначен генеральным инспектором Имперского университета. Членом Института (Академии) по отделению математики Ампер стал в 1814 г. Интересы Ампера распространялись также на область психологии, этики и биологии. Участвуя в дискуссии о развитии животных, Ампер замечает: «После тщательного исследования я убедился в существовании закона, который внешне кажет-

ся странным, но который со временем будет признан. Я убедился в том, что человек возник по закону, общему для всех животных».

Круг исследований Ампера в физике и математике глубок и разнообразен. Независимо от Авогадро Ампер предложил гипотезу молекулярного строения газов; понадобилось, однако, 50 лет, прежде чем эти представления стали общепринятыми. Незадолго до смерти Ампер написал «Очерк по философии наук» (1834), где, в частности, при классификации наук им была впервые указана (и названа) наука об управлении — кибернетика.

Умер Ампер от воспаления легких во время инспекционной поездки в Марсель.

В 1820 г. Эрстед открыл магнитное поле электрического тока. Опыты Эрстеда, публично повторенные на заседании Академии, привлекли тогда всеобщее внимание. Уже на следующем собрании Ампер смог предложить их физическое объяснение и дать представление о взаимодействии токов. Последующая серия работ была подытожена Ампером в его обширном мемуаре «Теория электродинамических явлений, выведенная исключительно из опыта» (1823). Мы приводим начало ее первого раздела «Изложение пути, которого следует придерживаться при исследовании законов, управляющих явлениями природы, и сил, вызывающих эти явления», с которого начинается это классическое сочинение, сыгравшее основополагающую роль в создании теории электричества и магнетизма.

ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ, ВЫВЕДЕННАЯ ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ИЗ ОПЫТА

Раздел I. Изложение пути, которого следует придерживаться при исследовании законов, управляющих явлениями природы, и сил, вызывающих эти явления

Эпоха, отмеченная в истории наук работами Ньютона,— не только эпоха наиболее важного из открытий, какие когда-либо делались человеком о причинах великих явлений природы; это также эпоха, когда человеческий ум проложил себе новую дорогу в области наук, изучающих эти явления.

Причину данных явлений искали ранее почти исключительно в импульсе со стороны неведомой жидкости, увлекающей материальные частицы в направлении движения своих собственных частиц, и всюду, где замечали вращательное движение, воображали себе вихрь, вращающийся в ту же сторону.

Ньютон показал, что движение такого рода, как и все движения, которые мы видим в природе, должно быть сведено посредством вычисления к силам, действующим между двумя материальными частицами по

прямой, которая их соединяет. При этом действие, оказываемое одной из частиц на другую, равно и противоположно действию, которое эта последняя одновременно оказывает на первую, и потому если предположить, что обе частицы неизменно связаны между собой, то из их взаимных действий не может произойти никакого движения. Именно этот закон, подтвержденный ныне различными опытами и различными вычислениями, был высказан Ньютоном в последней из трех аксиом, данных им в начале «Математических начал натуральной философии». Но было недостаточно подняться до этой великой идеи, нужно было еще найти закон, по которому изменяются силы в зависимости от взаимного положения частиц, между которыми они действуют, или, что то же, дать их выражение в виде формулы.

Ньютон был далек от предположения, что подобный закон можно получить, исходя из более или менее правдоподобных отвлеченных соображений. Он установил, что такой закон должен быть выведен из наблюдаемых фактов, или, вернее, из эмпирических законов, которые, подобно законам Кеплера, являются лишь обобщенными результатами большого числа фактов.

Начать с наблюдения фактов, изменять, по возможности, сопутствующие им условия, сопровождая эту первоначальную работу точными измерениями, чтобы вывести общие законы, основанные всецело на опыте, и в свою очередь вывести из этих законов, независимо от каких-либо предположений о природе сил, вызывающих эти явления, математическое выражение этих сил, т. е. вывести представляющую их формулу,— вот путь, которому следовал Ньютон. Тем же путем обычно шли во Франции ученые, которым физика обязана своими громадными успехами в последнее время. Этим же путем руководился и я во всех моих исследованиях электродинамических явлений. Чтобы установить законы последних, я искал ответа единственно в опыте, и таким путем я получил формулу, которая одна только может выразить силы, вызывающие указанные явления. Я не сделал ни одного шага к изысканию причины, с которой можно было бы связать происхождение сил, будучи убежден в том, что всем подобным изысканием должно предшествовать чисто экспериментальное познание законов. Эти законы должны затем служить единственным основанием для вывода формулы, выражающей элементарные силы, направление которых необходимо совпадает с направлением прямой, соединяющей две материальные точки, между которыми они действуют. Вот почему я избегал упоминать о тех представлениях, которые могли у меня сложиться в отношении причины и природы сил, исходящих из вольтаических проводников, и коснулся их только в примечаниях к «Обзору новых опытов по электромагнетизму, сделанных многими физиками в течение марта 1821 года», доложенному мною в открытом заседании Академии наук 8 апреля 1822 г. То, что я сказал тогда по этому вопросу, можно найти на стр. 215 моего «Recueil d'observations électro-dynamiques» («Сборника электродинамических наблюдений»). Хотя этот путь — единст-

венный, который может привести к результатам, не зависящим от всяких гипотез, тем не менее физики остальной Европы, по-видимому, не оказывают ему того предпочтения, каким он пользуется со стороны французов. Даже знаменитый ученый, увидевший впервые, как полюсы магнита под влиянием проволоки, служащей проводником, стали перемещаться в направлениях, перпендикулярных направлениям проволоки, вывел из этого заключение, что электрическая материя вращается вокруг проводника и толкает эти полюсы в направлении своего движения, в точности подобно тому, как Декарт заставлял материю своих вихрей вращаться в направлении вращения планет. Руководствуясь принципами ньютоновской философии, я свел явление, замеченное Эрстедом, как это уже делалось в отношении всех явлений подобного рода, изучаемых нами в природе, к силам, действующим всегда по прямой, соединяющей все частицы, между которыми они проявляются. И если я установил, что то же распределение или то же движение электричества, какое происходит в проводнике, наблюдается и вокруг частичек магнита, то, конечно, не затем, чтобы заставить их действовать импульсами наподобие вихря, а затем, чтобы вычислить, согласно моей формуле, силы, которые в результате должны действовать между этими частичками и частичками проводника или другого магнита по прямым, соединяющим попарно частицы, взаимодействие которых исследуется. Далее, я имел в виду показать, что результаты вычислений полностью подтверждаются: 1) моими опытами, а также опытами, произведенными г. Пулье для точного определения положений, в каких должен находиться подвижной проводник, чтоб он оставался в равновесии, будучи подвержен действию либо другого проводника, либо магнита; 2) согласием, в котором эти результаты находятся с законами, выведенными Кулоном и Био из их опытов, первым — относительно взаимодействия двух магнитов, вторым — для взаимодействия магнита и тока.

Формулы, выведенные таким образом на основании нескольких общих фактов, о которых заключают из достаточно большого числа наблюдений, так что нет повода сомневаться в их достоверности,— имеют главным образом то преимущество, что они остаются независимыми как от гипотез, которыми могли пользоваться авторы при отыскании этих формул, так и от гипотез, которые впоследствии могут прийти им на смену. Выражение для всемирного тяготения, выведенное из законов Кеплера, ни в какой мере не зависит от гипотез о механической его причине, которые пробовали строить некоторые авторы. Теория теплоты действительно основывается на общих фактах, о которых судят непосредственно из наблюдения. А поскольку уравнение, основанное на этих фактах, подтверждается согласием между результатами, получаемыми из этого уравнения, и результатами, полученными из опыта, то его должны признать за выражение истинных законов распространения тепла как те, кто приписывает возникновение тепла излучению теплотворных молекул, так и те, кто прибегает для объяснения того же явления к колебаниям жидкости,

разлитой в пространстве. Необходимо только, чтобы первые показали, каким образом уравнение, о котором идет речь, вытекает из их точки зрения, а вторые — вывели его из общих формул колебательного движения. Это необходимо не для того, чтобы подкрепить чем-либо достоверность данного уравнения, а затем, чтобы соответственно обусловить возможность сохранения вышеуказанных гипотез. Физик, который не составил себе определенного мнения по этому вопросу, принимает уравнение как точное отображение фактов, не заботясь о том, как именно оно может быть получено на основании того или другого из объяснений, о которых мы упоминали. И если бы новые явления или новые подсчеты доказали, что действие тепла может быть реально объяснено лишь теорией вибраций, великий физик, который впервые дал это уравнение и создал для приложения к предмету своих исследований новые методы интегрирования, остался бы в той же мере творцом математической теории тепла, как и Ньютон является творцом теории планетных движений, хотя последняя и не была доказана его трудами с той же полнотой, с какой ее доказали впоследствии труды его преемников.

То же относится и к формуле, которой я выразил электродинамическое действие. Какова бы ни была физическая причина, к которой мы пожелали бы отнести явления, связанные с этим действием, полученная мною формула всегда останется выражением фактов. Если посредством одного из тех соображений, которые позволили объяснить столько других явлений, например притяжение с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния, удастся объяснить эту формулу с помощью либо притяжения, которое становится неощутимым при любом поддающемся оценке расстоянии между частицами, где оно действует, либо посредством колебания жидкости, разлитой в пространстве,— то этим будет сделан шаг вперед в данной области физики. Однако такое исследование, которым я еще и не занимался, хотя и признаю его весьма важным, не изменит ничего в результатах моей работы. Для соответствия принятой гипотезы фактам ей будет всегда необходимо находиться в согласии с формулой, столь полно их представляющей...



ГАМИЛЬТОН

(1805—1865)

Вильям Роуан Гамильтон родился в Дублине в семье присяжного поверенного. Блестящие способности Гамильтона проявились рано: к 14 годам он владел уже 13 языками и изучил Эвклида. Гамильтон поступил в Тринити-колледж в Дублине; однако, даже не окончив его, уже в 1827 г. он стал Королевским астрономом Ирландии. Гамильтон поселился в обсерватории в Дансинке, где и провел бо́льшую часть своей жизни.

Гамильтон был членом многих академий, в том числе и Петербургской. Тридцати лет он стал президентом Королевского общества Ирландии. Значительную часть времени Гамильтон проводил в уединении, изучая главным образом свойства изобретенных им кватернионов — систем гиперкомплексных чисел с некоммутативной алгеброй. Дальнейшее развитие этих понятий, с одной стороны, оказалось интересным для алгебры; с другой стороны, кватернионы привели к созданию векторного и тензорного исчислений, столь необходимых теперь математических инструментов теоретической физики.

Первые исследования Гамильтона касались оптики и были изложены в его работе «Теория систем лучей» (1828). Основное значение для физики и механики име-

ло установление мощного вариационного принципа наименьшего действия и введение функции, называемой теперь гамильтоновой функцией динамической системы. Метод Гамильтона, благодаря своей общности, оказался существенным при создании статистической, а затем и квантовой механики. В создании квантовой (волновой) механики большую роль сыграла открытая Гамильтоном глубокая аналогия между поведением луча света и движением частицы, аналогия, которая была ключевой для Л. де Бройля.

Мы приводим введение к его основному мемуару «Общий метод в динамике», опубликованному в 1834 г.

ОБЩИЙ МЕТОД В ДИНАМИКЕ,
КОТОРЫМ ДВИЖЕНИЕ ВСЕХ СВОБОДНЫХ СИСТЕМ ПРИТЯГИВАЮЩИХСЯ ИЛИ ОТТАЛКИВАЮЩИХСЯ ТОЧЕК СВОДИТСЯ К ОТЫСКАНИЮ И ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЮ ОДНОГО ГЛАВНОГО СООТНОШЕНИЯ, ИЛИ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

Со времени изобретения Галилеем динамики как математической науки и особенно с тех пор, как эту науку так замечательно продолжил Ньютон, теоретическое развитие законов движения тел составляет задачу такой важности и значения, что оно приковывает внимание всех наиболее известных математиков. Среди последователей этих блестящих ученых наверное никто так много не сделал, по сравнению с другими исследователями, для развития и придания гармонии ее выводам, как Лагранж. Лагранж показал, что всю возможную сложность следствий движения системы тел можно получить из одной главной формулы. Красота этого метода так соответствует значимости результатов, что придает его великому сочинению облик научной поэмы. Но в науке о силах, действующих по известному закону в пространстве и времени, произошла новая революция [1]. Эта революция во взглядах придала еще большее значение динамическим принципам нашего понимания, заставив нас полностью отказаться от понятий сплошности и сцепления и тех других материальных связей или воображаемых геометрических условий, которые так счастливо ввел Лагранж. Новая теория все больше стремит-

[1] Гамильтон имеет в виду распространение представлений хорватского философа и ученого аббата Руджера Босковича, который в конце XVIII века пропагандировал последовательную атомистическую теорию строения вещества, состоящего из частиц, связанных только силами взаимного притяжения или отталкивания.— *Прим. составителя.*

ся свести все связи и действия тел к взаимному притяжению и отталкиванию частиц. Таким образом, в то время как наука продвигается в одном направлении путем развития наших физических представлений, она может продвигаться также и по пути изобретения новых математических методов. Метод, предложенный в настоящем сочинении для теоретического изучения движений притягивающихся и отталкивающихся систем, будет, быть может, принят с благосклонностью как попытка помочь тому, чтобы продвинуть вперед решение этой основной задачи.

Для определения движения свободной точки в пространстве под действием ускоряющих сил обычно используют методы, связанные с интегрированием трех обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Случай системы многих свободных точек, отталкивающихся или притягивающихся друг к другу, связан уже с интегрированием системы таких уравнений, число которых в три раза больше, чем число взаимодействующих точек, если мы не уменьшили на единицу это число, рассматривая только относительное движение. Так, в солнечной системе, когда мы рассматриваем взаимное притяжение Солнца и десяти известных нам планет, то их движение вблизи Солнца сводится обычными методами к интегрированию системы тридцати обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка, связывающих координаты и время. Если же мы применим преобразование Лагранжа, то придем к интегрированию шестидесяти обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка для времени и элементов эллиптических орбит. Путем их интегрирования мы найдем тридцать изменяющихся координат или шестьдесят изменяющихся элементов как функций времени.

В методе, который предложен в данном сочинении, эта задача сводится к отысканию и дифференцированию одной функции, удовлетворяющей двум дифференциальным уравнениям в частных производных первого порядка и второй степени. Любую другую задачу динамики, касающуюся движения произвольной системы, какой бы сложной она ни была и из скольких бы притягивающихся или отталкивающихся точек она ни состояла (даже если мы предположим, что эти точки ограничены любыми условиями связи, совместимыми с законом живой силы), мы можем ее свести подобным образом к изучению одной главной функции. Вид этой функции определяется и характеризуется свойствами системы, и ее нахождение связано с парой дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка, а также и несколькими простыми соображениями. Таким образом, трудность, по крайней мере, переносится с интегрирования многих уравнений одного вида на интегрирование двух уравнений другого вида. Если при этом даже и не получается какое-либо практическое упрощение, то эта возможность дает некоторое интеллектуальное удовлетворение в сведе́нии наиболее сложных задач и, вероятно, всех задач, касающихся сил и движения тел, путем введения одной

характеристической функции [1], раскрытию одного главного соотношения.

Данное сочинение не претендует на полноту рассмотрения этого обширного предмета — задачи, которая потребует трудов многих лет и многих умов. Данное сочинение только предлагает эту мысль и указывает этот путь другим. Тем самым этот метод может быть использован для самых разнообразных исследований по динамике. Здесь же он применяется только для орбит и возмущений системы с произвольным законом притяжения или отталкивания с одной главной массой или центром главной энергии. Это оказывается достаточным для того, чтобы в этом исследовании разъяснить существо принципа. Следует заметить, что этот динамический принцип есть лишь другое выражение той идеи, которая уже была приложена к оптике в «Теории систем лучей». Тогда же при опубликовании этой теории было заявлено о намерении автора применить ее и к движению систем тел. Сама же эта идея и способ ее расчета, которые приложены к оптике и динамике, по-видимому, не ограничены только этими двумя науками, но могут иметь и другие приложения. То особое сочетание вариационного исчисления и частного дифференцирования, которые используются для определения важного класса интегралов, может составить при его дальнейшем развитии в будущих трудах математиков отдельную область анализа.

Обсерватория, Дублин
Март 1834 г.

[1] Лагранж, а за ним и Лаплас и другие использовали одну функцию для того, чтобы выразить различные силы в системе и таким путем получить достаточно изящным образом дифференциальные уравнения движения. Таким образом удалось существенно упростить постановку задачи в динамике. Но решение этой задачи или нахождение самих движений или интегралов движения зависит, как это видно из данного сочинения, от совершенно другой и до сих пор неизвестной функции.



ФАРАДЕЙ

(1791—1867)

Майкл Фарадей родился в предместье Лондона, в семье кузнеца. Фарадей получил только начальное школьное образование и с 13 лет стал подмастерьем-переплетчиком, работая в книжной лавке Рибо. Именно там, в книжной лавке, Фарадей развил свои знания путем систематического самообразования, читая те книги, которые переплетал.

Случай помог ему в 1812 г. попасть к знаменитому химику Гемфри Деви, когда тому, после временной потери зрения от взрыва, потребовался секретарь. Вскоре Деви отправился в путешествие по Европе, и взял с собой Фарадея. Война между Англией и Францией не помешала им посетить Париж; затем ученые проследовали в Швейцарию и Италию. Двухгодичное путешествие, во время которого он встречался с крупнейшими учеными и посетил многие центры науки и культуры Европы, оказало громадное влияние на развитие и формирование взглядов Фарадея. Возвратившись в Лондон в 1815 г., Фарадей стал ассистентом при Королевском институте, учреждении, с которым связана вся его научная деятельность. В здании Института он и жил, замкнуто и скромно. Фарадей был счастливо женат. За год до смерти он овдовел. Похоронен Фарадей в Вестминстерском аббатстве.

Первые исследования Фарадея были посвящены химии. Он открыл бензол и бутилен; им был впервые получен ряд газов в сжиженном состоянии. Замечательные работы Фарадея по электричеству и магнетизму, начатые в 1830 г., составили эпоху в развитии физики. Открытие электромагнитной индукции, пара- и диамагнетизма, вращения плоскости поляризации при намагничивании среды, исследования в области электрохимии (Фарадею принадлежат такие термины, как электрод, анод, катод) — таков далеко не полный перечень сделанных им открытий. Фарадей не написал ни одной формулы сложнее пропорции, тем не менее ему мы обязаны созданием одного из основных понятий физики — понятия поля; он ввел и образное представление поля — картину силовых линий. «Идеи Фарадея, изложенные труднопонятным, абстрактным языком, медленно прокладывали себе дорогу, до тех пор пока они не нашли в Кларке Максвелле замечательного интерпретатора»,— писал позднее Гельмгольц в статье о Генрихе Герце.

Фарадей много консультировал в промышленности, не получая от этого никаких доходов. В 1835 году друзья добились ему пенсии. Будучи вызванным к министру финансов, Фарадей долго выслушивал лорда Мельбурна, который начал объяснять ему, что он считает нелепой всю систему государственных пособий деятелям литературы и науки. Фарадей тогда отказался от пенсии и принял ее только после того, как лорд Мельбурн, который уже опасался скандала, письменно взял свои слова обратно.

Фарадей был замечательным популяризатором науки; его «История свечи» читается и издается до сих пор.

Мы приводим предисловие к «Экспериментальным исследованиям по электричеству».

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ

Различные обстоятельства побудили меня собрать в один том те четырнадцать серий «Экспериментальных исследований по электричеству», которые появились в Philosophical Transactions в течение последних семи лет; главной причиной было желание предоставить возможность приобрести за умеренную цену полное собрание этих докладов, снабженное указателем, тем, кто пожелал бы их иметь.

Я надеюсь, что читатели этого тома примут во внимание, что он не был написан как нечто цельное, но создавался по частям; более ранние части в момент их написания редко имели определенную связь с теми частями, которые могли за ними последовать. Если бы я написал этот труд заново, то, вероятно, значительно изменил бы форму, но вряд ли изменил бы многое по существу; тогда, однако его нельзя было бы рас-

сматривать как верное воспроизведение или отчет о ходе и результатах всего исследования, а я хотел бы дать только это.

Да будет мне позволено выразить мое глубокое удовлетворение тем, что различные части, написанные с перерывами на протяжении семи лет, оказались столь согласующимися друг с другом. В этом не было бы ничего особенного, если бы факты, к которым эти части имеют отношение, были хорошо известны до написания каждой из них; но так как каждая часть претендует на то, что содержит какие-либо оригинальные открытия или исправление общепринятых взглядов, то даже я, при всем моем возможном пристрастии, удивлен тем, в какой степени они, на мой взгляд, оказываются взаимно согласующимися и вообще точными. Я сделал некоторые изменения в тексте, но лишь типографского или грамматического характера; если иногда допущены большие исправления, то только с целью уяснения смысла, но не изменения его. Я часто добавлял примечания в сносках, как, например, в параграфах 59, 360, 439, 521, 552, 555, 598, 657, 883,— как для исправления ошибок, так и с целью пояснения; но все они, в отличие от оригинальных примечаний «Исследований», отмечены датой: «Дек. 1838 г.».

Дата научного доклада, претендующего на какое-либо открытие, часто представляет предмет большой важности, и очень жаль, что в отношении многих весьма ценных сообщений, существенных для истории и развития науки, на этот вопрос сейчас нельзя дать точного ответа. Это происходит и оттого, что доклады не снабжены индивидуальными датами, и оттого, что журналы, в которых они появляются, датированы неправильно, а именно — более ранними датами, чем они выпущены в свет. Чтобы дать иллюстрацию той путаницы, которая может отсюда возникнуть, я могу сослаться на примечание в конце первой серии. Эти обстоятельства побудили меня поместить вверху страницы дату текста (через одну страницу); я считал вправе пользоваться датами, указанными секретарем Королевского общества на каждом отдельном докладе при его поступлении. Автор вряд ли имеет право претендовать на более раннюю дату, если она не засвидетельствована каким-либо официальным документом или лицом.

Прежде чем закончить эти строки, я попросил бы разрешения сделать одну или две ссылки: во-первых, на мои собственные доклады об электромагнитных вращениях в Quarterly Journal of Science, 1822, XII, 74, 186, 283, 416, а также на мое письмо о магнитоэлектрической индукции в Annales de Chimie, стр. 404. По существу, эти доклады могли бы с полным правом появиться в этом томе, но тогда они нарушили бы его общий характер как простой перепечатки «Экспериментальных исследований» в Philosophical Transactions.

Затем, в связи с четвертой серией, посвященной новому закону электрической проводимости, я хочу сослаться на опыты Франклина по непроводимости льда, которые были соответствующим образом расчленены и изложены профессором Бэчем (Journal of the Franklin Institute, 1836, XVII, 183). Этих опытов, которых я совсем не помнил, поскольку дело касается

размеров действия, никогда не следует забывать, говоря об этом законе применительно к случаю воды, хотя они никоим образом не предвосхищают формулировки даваемого мной закона относительно общего действия плавления на электролиты.

Имеются две статьи, которые я обязательно должен упомянуть как содержащие поправки и критические замечания к отдельным частям «Экспериментальных исследований». Первой из них является доклад Якоби (Philosophical Magazine, 1838, XIII, 401) относительно возможности получать искру при соединении двух металлов всего одной парой пластин (§ 915). Это прекрасная статья, и хотя я не повторял этих опытов, но описание их приводит меня к убеждению, что я, вероятно, ошибся. Вторая принадлежит прекрасному физику Марианини (Memorie della Societá Italiana di Modena, XXI, 205) и представляет собой критику и экспериментальную проверку восьмой серии и вопроса о том, создается или не создается часть электричества гальванического элемента металлическим контактом. Я и теперь не вижу оснований менять высказанное мной мнение, но доклад является настолько ценным, столь непосредственно подходит к вопросу, который сам по себе чрезвычайно важен, что я намерен при первом удобном случае возобновить исследование и, если удастся, получить бесспорные для всех доказательства в ту или иную сторону.

Другие части настоящих исследований также удостоились чести критического внимания различных ученых, всем им я весьма обязан; некоторые из их поправок я указал в подстрочных примечаниях. В других случаях я не почувствовал силы этих замечаний: время и прогресс науки наилучшим образом решат вопрос. Я не мог, положа руку на сердце, сказать: я желал бы, чтобы обнаружилось, что я ошибся. Но я горячо верю, что развитие науки в руках ее многочисленных и ревностных современных исследователей даст такие новые открытия и такие общеприложимые законы, что оно и меня заставит думать, что все то, что написано и разъяснено в настоящих «Экспериментальных исследованиях», принадлежит уже к пройденным этапам науки.

Королевский институт
Март 1839 г.



ГЕЛЬМГОЛЬЦ

(1821—1894)

Герман Людвиг Фердинанд фон Гельмгольц родился в Потсдаме в семье учителя. Гельмгольц с детства проявлял большой интерес к естествознанию. Он хотел заниматься физикой, но по настоянию отца поступил в Медицинский институт Фридриха Вильгельма в Берлине. Гельмгольц слушал лекции физиолога Мюллера, физику же ему читал Магнус. В 1848 г., освобожденный, благодаря хлопотам Гумбольдта, от военной службы, Гельмгольц стал сначала ассистентом, а затем профессором физиологии в Университете Альберта в Кенигсберге, и вскоре в 1849 г. он там получил кафедру физиологии и общей патологии. В 1855 г. Гельмгольц преподавал в Бонне, а с 1858 г.— в Гейдельбергском университете. В 1871 г. он занял кафедру Магнуса в Берлине. При основании Физико-технического института в Шарлоттенбурге, около Берлина, в 1887 г. Гельмгольц был назначен его первым директором. Этот институт стал прототипом многих национальных лабораторий; так, в Петербурге была учреждена «Главная палата мер и весов», которую возглавлял Д. И. Менделеев.

Первые работы Гельмгольца были посвящены изучению нервных волокон и мускульного сокращения. Энергетика мускула привела Гельмгольца к глубоким выводам о сохранении энергии, и в 1847 г. вышло его знаменитое сочинение «О сохранении

силы», где впервые с исчерпывающей ясностью сформулирован закон сохранения энергии, опытные основания для которого дали работы Майера и Джоуля, определивших механический эквивалент тепловой энергии. Гельмгольцем были получены классические результаты по физиологии зрения и слуха. Им изобретен офтальмоскоп и предложены акустические резонаторы — резонаторы Гельмгольца. В конце 50-х годов Гельмгольц обратился к теоретической физике, в первую очередь к гидродинамике, где он создал теорию вихрей, и электродинамике; его учеником был Герц.

Гельмгольц был разносторонним ученым, блестящим экспериментатором и крупным мыслителем, оказавшим большое влияние на развитие и организацию науки как в Германии, так и за ее пределами.

Мы приводим введение к статье «О сохранении силы». Эта статья, написанная на основе выступления двадцатишестилетнего Гельмгольца в Физическом обществе, была отклонена для публикации в главном физическом журнале того времени, и Гельмгольц издал ее отдельной брошюрой.

О СОХРАНЕНИИ СИЛЫ

Предлагаемое сочинение предназначено в своей главной части для физиков, поэтому я предпочел развить основные положения, излагаемые в нем независимо от философского их обоснования, в форме физического предположения; далее, я считал нужным вывести следствия из этого допущения и сравнить их для различных областей физики с опытными законами естественных явлений. К выводу положений, установленных в настоящей работе, можно подходить с двух различных точек зрения: или исходя из аксиомы, что невозможно получить безграничное количество работы при действии любой комбинации тел природы друг на друга, или же, допуская предположение, что все действия в природе можно свести на притягательные или отталкивательные силы, величина которых зависит только от расстояния действующих друг на друга точек. Что оба положения являются тождественными, это доказывается в самом начале сочинения. В то же время оба эти положения имеют еще более существенное отношение к главной, основной задаче физических наук, очертить которую я пытаюсь в настоящем введении.

Цель указанных наук заключается в отыскании законов, благодаря которым отдельные процессы в природе могут быть сведены к общим правилам и могут быть снова выведены из этих последних. Эти правила, к которым относятся, например, законы преломления или отражения света, закон Мариотта и Гей-Люссака для объема газов, являются, очевидно, не чем иным, как общим видовым понятием, которым охватываются все относящиеся сюда явления. Разыскание подобных законов является

делом экспериментальной части наших наук; теоретическая часть старается в то же время определить неизвестные причины явлений из их видимых действий; она стремится понять их из принципа причинности.

Мы вынуждены были так поступать и имеем на это право благодаря основному закону, по которому всякое изменение в природе должно иметь достаточное основание. Ближайшие причины, которым мы подчиняем естественные явления, могут быть в свою очередь или неизменными, или изменяющимися. В последнем случае тот же закон принуждает нас искать другие причины этого изменения и так далее до тех пор, пока мы не доходим до последних причин, которые действуют по неизменному закону, которые, следовательно, в каждое время при одинаковых условиях вызывают одно и то же действие. Конечной целью теоретического естествознания и является, таким образом, разыскание последних неизменных причин явлений в природе.

Здесь не место решать, могут ли в настоящее время в действительности все процессы быть сведены к таковым причинам и может ли, таким образом, природа быть понята вполне, или же в ней имеются изменения, которые исключаются из действия закона необходимой причинности, которые, следовательно, попадают в область произвола, свободы; во всяком случае, ясно, что наука, задача которой состоит в понимании природы, должна исходить из предположения возможности этого понимания и, согласно этому положению, должна делать свои заключения и исследования, пока она не будет принуждена, благодаря неопровержимым фактам, к признанию границы для возможности понимания.

Наука рассматривает предметы внешнего мира с двух различных упрощенных точек зрения. Или она рассматривает только существование предметов, отвлекаясь от их действий на другие предметы или на наши органы чувств; такую сущность предметов наука обозначает словом «материя». Существо материи в себе самой представляется для нас покоящимся, бездейственным; мы различаем в ней непосредственное распределение и количество (массу), которая считается вечно неизменяемой. Материи, как таковой, мы не можем приписать различных качеств, так как если мы говорим о различного рода материи, то мы заключаем о различии ее только по различию в ее действиях, т. е. по ее силам. Материя, как таковая, не может испытывать никаких иных изменений, кроме пространственных, т. е. кроме движения. Предметы в природе в самом деле не бездейственны, и мы приходим к их познанию, только изучая те действия, которые оказывают они на наши органы чувств, так как мы по действиям заключаем о действующем предмете. Если, таким образом, мы желаем применять в реальной обстановке понятие материи, то мы можем это сделать, только прибавив еще второе представление, от которого мы раньше отвлекались, именно способность оказывать действия, т. е. наделяя материю силами.

Ясно, что понятия материи и силы в применении к природе никогда не могут быть отделены друг от друга. Материя при отсутствии ее действий не существовала для всей остальной природы, так как она никогда не могла бы вызвать изменения ни в ней самой, ни в наших органах чувств; сила без материи была бы нечто, что должно бы было существовать и что, однако, не существовало, так как все существующее мы называем материей. Точно так же было бы ошибочным признать материю за нечто реально существующее и считать силу простым определением, которому не соответствует ничего реального; и то и другое является скорее отвлечениями от действительности, образованными совершенно одинаковым образом: мы можем в самом деле воспринимать материю только благодаря действию силы, а не материю в себе самой.

Мы видели выше, что естественные явления должны быть сведены к действию последних неизменяемых причин; это требование должно быть понимаемо так, что в качестве последних причин должны быть указаны неизменные во времени силы. Вид материи с неизменными силами (с неуничтожаемыми качествами) мы назвали в науке (химической) элементом. Представим себе, что весь мир разложен на элементы с неизменными качествами, тогда единственно возможными изменениями в такой системе явятся пространственные изменения, т. е. движения, и внешние взаимоотношения, благодаря которым изменяется действие сил, могут быть только пространственными, следовательно, силы могут быть только движущими силами, зависящими в своем действии только от пространственных соотношений.

Точнее говоря, явления природы должны быть сведены к движениям материи с неизменными движущими силами, которые зависят только от пространственных взаимоотношений.

Движение есть изменение пространственных отношений. Пространственные отношения возможны только по отношению к пространственным величинам, имеющим конечные размеры, а не по отношению к пустому пространству, не имеющему отличительных признаков. Движение может поэтому изучаться на опыте только как изменение пространственных отношений по крайней мере двух материальных тел относительно друг друга; движущая сила как причина движений, о которой можно заключить только по взаимоотношениям по крайней мере двух тел относительно друг друга, может быть определена как стремление двух масс изменять свое взаимное положение. Но сила, с которой действуют друг на друга две целые массы, должна быть разложена на взаимные силы всех частей этих масс.

Механика поэтому приводится к силам материальных точек, т. е. точек пространства, заполняемого материей.

Кроме взаимных расстояний две точки не имеют никаких пространственных взаимоотношений друг относительно друга, так как направление линии, их соединяющей, может быть определено только по отношению к еще двум по крайней мере точкам. Сила, с которой точки

действуют друг на друга, может быть поэтому причиной изменения только их расстояния, т. е. движущая сила может быть притягательной или отталкивательной.

Это непосредственно следует из закона достаточного основания. Силы, с которыми две массы действуют друг на друга, должны быть точно определены по их величине и их направлению, если полностью дано положение масс. Двумя точками определяется только одно-единственное направление, именно прямая, их соединяющая; следовательно, силы, с которыми точки действуют друг на друга, направлены по этой линии, и величина сил может зависеть только от их расстояния.

Таким образом, задача физического естествознания в конце концов заключается в том, чтобы свести явления природы на неизменные притягательные или отталкивательные силы, величина которых зависит от их расстояния. Разрешимость этой задачи есть в то же время условие для возможности полного понимания природы. Теоретическая механика не принимала до сих пор этого ограничения понятия движущей силы, во-первых, потому, что не выяснено было происхождение основных положений механики, далее, потому, что для механики важно иметь возможность предвычислять действие системы движущих сил в таких случаях, когда разложение этих сил на простые составляющие еще не удалось произвести. Во всяком случае, бо́льшая часть общих принципов движения сложных систем масс выполняется в том случае, когда последние связаны друг с другом при помощи неизменных притягательных или отталкивательных сил; к таким принципам относятся: принцип возможных перемещений, закон движения центра тяжести, закон сохранения главной плоскости вращения и момента вращения свободной системы, закон сохранения живой силы. Из этих принципов в земных условиях применяются по преимуществу только первый и последний принципы, так как остальные относятся только к совершенно свободным системам, первый же принцип, как мы покажем, представляется частным случаем последнего, который поэтому является самым общим и важным следствием из сделанных выводов.

Теоретическое естествознание, если оно не желает остановиться на полпути понимания, должно согласовать свои воззрения с установленными выше требованиями, которые касаются природы простых сил, и со следствиями этого представления. Его дело будет выполнено, если, с одной стороны, будет закончено приведение явлений к простым силам, и в то же время может быть доказано, что данное приведение представляется единственно возможным, которое допускают явления. Тогда можно будет рассматривать данную схему приведения как необходимую форму содержания для объяснения естественных процессов и можно будет этой схеме приписать объективную истинность.



В. ТОМСОН

(1824—1907)

Вильям Томсон родился на севере Ирландии, в Белфасте, где его отец был профессором математики. Вскоре Томсоны переехали в Шотландию, в Глазго, город, с которым была связана вся жизнь Вильяма. Способности молодого Томсона проявились рано: колледж в Глазго он закончил, когда ему минуло 10 лет, а свою первую работу, вдохновленную «Аналитической теорией тепла» и посвященную рядам Фурье, опубликовал шестнадцати лет. Свое образование он продолжал в Кембридже и, к удивлению современников, на заключительных конкурсных экзаменах по математике в 1845 г. занял лишь второе место. После годичного путешествия по Франции Томсон стал профессором натуральной философии в университете Глазго; эту кафедру он занимал 53 года. Характерно, что после своей отставки Томсон зачислил себя стажером-исследователем, для которых не было ограничений по возрасту! С 1890 г. по 1895 г. Томсон был президентом Королевского общества. За выдающиеся научные заслуги Томсон в 1892 г. был пожалован в пэры и стал лордом Кельвином.

Работы Томсона касаются почти всех областей современной ему физики и дать даже их краткий обзор здесь невозможно. Мы только напомним о его исследованиях по гидродинамике, по электричеству и магнетизму, в частности колебательного конту-

ра, исследованиях, имевших не только большое теоретическое значение, но и приведших их автора к практически важным результатам. Томсон осуществлял научное руководство при прокладке и оборудовании первого трансатлантического телеграфного кабеля. Томсон обладал очень конкретным и образным мышлением. Им был изобретен ряд физических и навигационных приборов. Томсоном было получено более 70 патентов и основана известная приборостроительная фирма.

Томсон — один из создателей термодинамики — раньше многих понял все значение принципа сохранения энергии. Он был дружен с Джоулем, измерившим механический эквивалент тепла. Его также связывала длительная дружба с Гельмгольцем, другим патриархом физики XIX века, столь близким ему по широте и разносторонности интересов. Томсон был хорошим лектором и блестящим популяризатором. Совместно с Тэйтом, профессором физики в Эдинбурге, Томсон написал «Трактат о натуральной философии». Этот курс физики как бы подытоживает тот классический этап развития науки, который называется обычно механистическим. «Трактат», который так и не был закончен, написан перед великими открытиями конца XIX века — открытием спектров, лучей Рентгена, радиоактивности, катодных лучей и электрона, законов теплового излучения и фотоэффекта, из которых затем развилась современная физика.

Мы приводим предисловие к первому изданию «Трактата» (1867), основанного в значительной мере на вступительной лекции к курсу физики, который Томсон читал в течение многих лет в Глазго.

ТРАКТАТ О НАТУРАЛЬНОЙ ФИЛОСОФИИ

Les causes primordiales ne nous sont point connues; mais elles sont assujetties à des lois simples et constantes, que l'on peut découvrir par l'observation, et dont l'étude est l'objet de la philosophie naturelle.—Fourier [1].

Термин «натуральная философия» был применен Ньютоном, и до сих пор используется в британских университетах для обозначения исследований законов материального мира и вывода данных о его свойствах, непосредственно не наблюдаемых. Наблюдения, классификация и описание явлений по необходимости предшествуют натуральной философии в любом отделе естественных наук. В некоторых отделах более ранняя

[1] «Первопричины вещей нам неизвестны, но они подчиняются простым и постоянным законам, которые могут быть открыты путем наблюдений и изучение которых составляет предмет натуральной философии». Из трактата Фурье: «Аналитическая теория тепла» (см. стр. 151).

ступень обычно называется естественной историей, что, впрочем, может быть с равным основанием отнесено и к другим отделам.

Наша цель двоякая: дать достаточно точное изложение того, что теперь известно в области натуральной философии, на языке, понятном читателю-нематематику, и снабдить тех, кто имеет преимущество во владении высшей математикой, связанным очерком тех аналитических методов, которыми бо́льшая часть этих знаний продолжена в еще не исследованные опытом области.

В данном томе математическая часть (напечатанная мелким шрифтом) естественно занимает существенно бо́льший объем, чем экспериментальная и опытная части. Мы начинаем с главы о *движении*, рассматривая его совершенно независимым от существования *вещества* или *силы*. Мы естественно приходим к рассмотрению кривизны и кручения кривых, к кривизне поверхностей, а также различных других, чисто геометрических вопросов.

Законы движения, законы тяготения, электрических и магнитных взаимодействий, закон Гука и другие основные принципы, получаемые непосредственно из опыта, путем математических выкладок, приводят к конечным результатам, для исследования которых наши наиболее тонкие экспериментальные методы пока еще совершенно недостаточны. Значительная часть настоящего первого тома посвящена именно этим выводам, которые, хотя непосредственно и не проверены опытом, несомненно столь же верны, сколь верны те основные законы, из которых они выведены путем математического анализа.

Аналитические методы, которые мы использовали, как правило, таковы, что они наиболее прямым образом ведут к намеченным результатам и потому в своей основной части не рассчитаны на широкий круг читателей. Скоро появится и частично уже находится в печати книга меньшего размера, содержащая большую часть нематематических отделов данной книги с теми выводами, которые можно получить с помощью элементарной геометрии и алгебры.

Мы приняли предложение Ампера и используем термин *кинематика* для науки о чисто геометрическом описании движения. Имея в виду свойства языка и следуя примеру наиболее логичных авторов, мы употребляем термин *динамика* в его истинном смысле, как науки, которая рассматривает действие *силы*, либо поддерживающей относительный покой, либо вызывающей ускорение относительного движения; соответствующие два раздела динамики удобно назвать *статикой* и *кинетикой*.

Цель, которую мы постоянно имели в виду, состоит в применении великого принципа *сохранения энергии*. Согласно современным опытным данным, в особенности данным Джоуля, энергия столь же реальна и неразрушима, как и вещество. С удовлетворением можно отметить, что Ньютон предвосхитил, в той мере в какой это позволяли опытные науки в его время, это значительное современное обобщение.

Мы хотели бы заметить, что может показаться, что в нашей работе мы часто грубо и бессмысленно нарушали принятые ныне методы и способы доказательств. Происходило это оттого, что мы занимаем положение Реставраторов, а не Рационализаторов.

В нашей вводной главе о кинематике рассмотрение гармонического движения естественно приводит нас к *теореме Фурье*, одному из наиболее важных и полезных для физики выводов математического анализа. В приложении к этой главе мы даем развитие *теоремы Грина* и кратко рассматриваем замечательные функции, известные как *коэффициенты Лапласа* (сферические функции). Может быть только одна точка зрения на красоту и полезность этих формул Лапласа; однако способ, которым до сих пор их излагают, казался отталкивающим даже способных математиков и трудным для среднего читателя, изучающего математику. В том упрощенном и симметричном виде, который мы придали им, эта теория оказывается вполне доступной читателю, обладающему даже скромным знакомством с современными математическими методами.

Во второй главе мы приводим законы движения Ньютона, выраженные его собственными словами с некоторыми его пояснениями, ибо каждая попытка превзойти их до сих пор оканчивалась полной неудачей. Никогда, наверное, ничто столь простое и в то же время всеобъемлющее не приводилось как основа системы ни в одной другой науке. Введение в динамике *обобщенных координат* Лагранжа и *вариационного принципа* Гамильтона, с близким материалом, завершают эту главу.

В третьей главе «Опыт» кратко изложены наблюдения и эксперимент как основа натуральной философии.

В четвертой главе рассмотрены основные единицы и главные приборы для измерения времени, пространства и силы.

Так заканчивается первая, чисто вводная, часть сочинения.

Вторая часть посвящена абстрактной динамике (до последних лет ее обычно, но не точно, называли механикой). Ее цель кратко объяснена в вводной (пятой) главе; остальная часть данного тома посвящена статике.

Глава IV, после кратких замечаний о статике точки, содержит подробное рассмотрение важного вопроса о притяжении. В главе VII, посвященной статике твердых тел и жидкостей, подробно рассматриваются различные существенные частные вопросы, как деформация упругих тел, статическая теория приливов, форма и упругость Земли.

Во втором томе, в разделе II будут главы о кинетике точки и кинетике твердых тел и жидкостей. Будет подробно рассмотрено колебание твердых тел и волновое движение. Этот том, наверное, будет содержать часть II, в которой будут рассмотрены свойства вещества.

Мы считаем, что математически подготовленному читателю будет особенно полезна та часть тома, которая написана крупным шрифтом. При этом он будет вынужден сам для себя продумывать то, что он слишком часто привык получать простым механическим приложением математического анализа. Ничто так ни пагубно для продвижения вперед, как слиш-

ком полное доверие математическим символам, ибо изучающий слишком часто склонен следовать более простому пути и рассматривает только формулы, не считаясь с фактами физической реальности.

Значительное количество казалось бы ненужного материала включено в настоящий том; однако он в дальнейшем получит прямой выход к содержанию остальных трех томов. Необходимость предвосхищения потребностей последующих томов была одной из основных причин задержки в публикации данного выпуска, сданного в печать в ноябре 1862 г.

Настоящий том набран Т. Констаблем, эсквайром, печатником Королевы и Эдинбургского университета, и как пример математического набора вряд ли может быть превзойден. Когда этот том был близок к завершению, нам сообщили, что директорат Кларендонского издательства также желал опубликовать это сочинение в своей серии учебников. Это доставило нам много радости, так как, по-видимому, будет способствовать одной из наших основных целей — введению в Университет и систему экзаменов на соискание ученой степени нечто похожего на полный курс натуральной философии. Оставшиеся три тома будут, несомненно, также напечатаны в Оксфорде.

Те рисунки, в которых требовалась точность, были сфотографированы на доски Е. В. Далмсом, эсквайром, членом Королевского инженерного общества, с больших рисунков, исполненных нами самими или же г-ном Д. Макферланом, ассистентом профессора натуральной философии в Университете Глазго. Все рисунки были гравированы г-ном Дж. Адамом с искусством, которое не оставляет желать ничего лучшего.

Июль 1867 г.



МАКСВЕЛЛ

(1831—1879)

Джемс Клерк Максвелл происходил из знатной и богатой шотландской семьи. Начальное образование Максвелл получил в Эдинбурге; там же он поступил в университет. Свое образование продолжил в Кембридже, в Тринити-колледже. На конкурсном выпускном экзамене по математике в 1855 г. он был вторым. Годом позже Максвелл получил премию Адамса за исследование устойчивости колец Сатурна.

В 1856 г. Максвелл преподавал физику в Абердине, в Шотландии, а затем занял кафедру физики и астрономии в Королевском колледже. В Лондоне он занимался как кинетической теорией газов, предложив распределение скоростей молекул, известное теперь как распределение Максвелла, так и теоретическими и экспериментальными исследованиями в области электричества, где развитые им методы помогли создать абсолютную единицу сопротивления. После смерти отца в 1865 г. Максвелл оставил кафедру в Лондоне и надолго поселился в своем родовом имении Гленлер, вблизи Эдинбурга. Именно там им был написан двухтомный «Трактат об электричестве и магнетизме», законченный в 1873 г. В этом замечательном сочинении, правда трудном в изложении и нелегком для понимания, была дана законченная теория явлений элект-

ромагнетизма, завершившаяся написанием уравнений электромагнитного поля — уравнений Максвелла.

В 1871 г. после долгих колебаний Максвелл принял предложение стать первым директором Кавендишской лаборатории в Кембридже. Построенная Максвеллом Кавендишская лаборатория стала замечательным центром развития экспериментальной физики; за 100 лет существования этой лаборатории в ней было сделано, быть может, больше открытий, чем где бы то ни было. После Максвелла кавендишскими профессорами Кембриджского университета были Релей, Дж. Томсон, Резерфорд, Брэгг, Мотт. В последние десятилетия в этой лаборатории сделаны основополагающие открытия в молекулярной биологии и радиоастрономии.

Максвелл руководил постройкой лаборатории и был ее директором до своей безвременной смерти от рака в возрасте 48 лет.

Мы приводим предисловие Максвелла к его «Трактату об электричестве и магнетизме».

ТРАКТАТ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ И МАГНЕТИЗМЕ

Уже древним был известен тот факт, что некоторые тела, будучи натерты, начинают притягивать другие тела. В течение последнего времени было открыто большое количество других разнообразных явлений, в отношении которых установлена связь с этим явлением притяжения. Эти явления были названы *электрическими,* так как янтарь — по-гречески ἤλεκτρον [электрон] — был первым веществом, на котором они наблюдались.

Другие тела, в частности магнитный железняк и куски железа и стали, подвергнутые определенному воздействию, также с давнего времени известны как вещества, способные к действию на расстоянии. Было установлено, что эти явления, включая и другие, связанные с ними, отличаются от электрических; они получили название *магнитных* — по названию находимого в Фессалийской Магнезии магнитного железняка — μάγνης [магнес].

Со временем было установлено, что оба эти вида явлений находятся в связи друг с другом. Зависимости между различными явлениями обоих видов, поскольку их удалось установить, составляют науку об *электромагнетизме.*

В предлагаемом трактате я намерен описать наиболее важные из этих явлений, показать, как их можно измерить, и проследить математические соотношения между измеряемыми величинами. Получив таким образом исходные данные для математической теории электромагнетизма и показав, как эта теория может быть применена к расчету явлений, я постараюсь по возможности ясно осветить связь математической формы этой теории и общей динамики с тем, чтобы в известной степени подгото-

виться к определению тех динамических закономерностей, среди которых нам следовало бы искать иллюстрации или объяснения электромагнитных явлений.

Описывая различные явления, я буду выбирать те из них, которые наиболее ясным образом иллюстрируют основные идеи теории, опуская другие или оставляя их на время, пока читатель не будет более подготовлен к их восприятию.

С математической точки зрения наиболее важная сторона всякого явления — наличие некоторой измеряемой величины. Поэтому я буду рассматривать электрические явления в основном в отношении их измерения, описывая методы измерения и определяя эталоны, от которых они зависят.

Применяя математику к исчислению электрических величин, я, в первую очередь, буду стараться вывести наиболее общие заключения из имеющихся в нашем распоряжении данных, с тем чтобы после этого применить результаты к избранным простейшим случаям. Насколько возможно, я буду избегать вопросов, которые, хотя и могут явиться предметом полезных упражнений для математиков, не в состоянии расширить наших научных знаний.

Внутренние взаимосвязи различных областей подлежащей нашему изучению науки значительно более многочисленны и сложны, чем любой до сих пор разработанной научной дисциплины. Внешние связи науки об электричестве, с одной стороны, с динамикой, а с другой стороны — с явлениями тепла, света, химического действия и с внутренним строением тела, по-видимому, указывают на особую ее важность как науки, помогающей объяснить природу.

Исходя из этого, мне представляется, что изучение электромагнетизма во всех его проявлениях как средства движения науки вперед сейчас приобрело первостепенную важность.

Математические законы различных классов явлений были разработаны в значительной мере удовлетворительно.

Также были исследованы взаимные связи между различными классами явлений, и вероятность строгой точности экспериментальным образом установленных законов была в значительной мере подкреплена подробным знанием их отношений друг к другу.

Наконец, доказательством того, что ни одно электромагнитное явление не противоречит предположению, что оно зависит от чисто динамического действия, был достигнут некоторый прогресс в сведении электромагнетизма к динамике.

Однако все, что было сделано до сих пор, никоим образом не исчерпало области электрических исследований, а скорее открыло эту область, указав нам объекты и снабдив нас средствами исследований.

Едва ли необходимо распространяться относительно ценности результатов исследований по магнетизму для мореходства и важности знания истинного направления стрелки компаса и влияния железа на корабле.

Однако работы тех, кто при помощи магнитных наблюдений старался обезопасить мореплавание, в то же самое время сильно продвинули прогресс чистой науки.

Гаусс в качестве члена Германского магнитного союза использовал свой мощный интеллект для того, чтобы разработать теорию магнетизма и методы его наблюдения, и он не только многое добавил к нашему знанию теории притяжений, но и реконструировал всю науку о магнетизме в том, что касается применяемых в ней инструментов, методов наблюдения и расчета результатов, так что его мемуары по земному магнетизму могут быть взяты в качестве образца физического исследования для тех, кто занят измерением любых сил в природе.

Важные применения электромагнетизма к телеграфии также повлияли на чистую науку, придав коммерческую цену точным электрическим измерениям и дав изучающим электричество возможность использования аппаратов в таких масштабах, которые значительно превосходят возможности обыкновенной лаборатории. Следствия этого спроса на познания в области электричества и экспериментальных возможностей их приобретения уже были весьма большими как в стимулировании энергии передовых работающих в области электричества ученых, так и в распространении среди людей практики такой степени точного знания, которое имеет шансы повести к общему научному прогрессу всей инженерной профессии.

Существует несколько трактатов, в которых электрические и магнитные явления описываются общедоступным образом. Однако эти трактаты не отвечают желаниям людей, сталкивающихся лицом к лицу с подлежащими измерению величинами, чей ум не удовлетворяется экспериментами в масштабе учебной аудитории.

Существует также значительное количество имеющих большое значение в науке об электричестве, но лежащих без движения в объемистых трудах ученых обществ математических работ; они не образуют собой связной системы, обладают очень различными достоинствами и в большинстве случаев поняты только профессиональными математиками.

Поэтому я пришел к выводу, что был бы полезен трактат, имеющий своей основной целью методическое обозрение всего предмета, в котором также было бы показано, как каждая часть исследуемой области приводится к возможности быть проверенной методами фактического измерения.

Общая структура трактата значительно отличается от структуры многих, в большинстве случаев опубликованных в Германии замечательных работ в области электричества, и может показаться, что я не отдал должного воззрениям многих выдающихся ученых, работающих в области электричества, и математиков. Одна из причин этого состоит в том, что, прежде чем начать изучение электричества, я решил не читать никаких математических работ по этому предмету до тщательного прочтения мной «Экспериментальных исследований по электричеству» Фарадея. Я знал, что между пониманием явлений Фарадеем и концепцией математиков

предполагалось наличие такого расхождения, что ни тот, ни другие не были удовлетворены языком друг друга. Я был убежден также, что расхождение это возникло не из-за правоты какой-либо из сторон. Впервые меня убедил в этом сэр Вильям Томсон[1], указаниям и помощи которого, так же как и его опубликованным трудам, я обязан своим знанием большей части того, что мне известно по данному предмету.

Приступив к изучению труда Фарадея, я установил, что его метод понимания явлений был также математическим, хотя и не представленным в форме обычных математических символов. Я также нашел, что этот метод можно выразить в обычной математической форме и таким образом сравнить с методами профессиональных математиков.

Так, например, Фарадей своим умственным взором видел силовые линии, пронизывающие все пространство, там, где математики видели центры сил, притягивающих на расстоянии; Фарадей видел среду там, где они не видели ничего кроме расстояния; Фарадей предполагал источник и причину явлений в реальных действиях, протекающих в среде, они же были удовлетворены тем, что нашли их в силе действия на расстоянии, приписанной электрическим флюидам.

Когда я переводил то, что я считал идеями Фарадея, в математическую форму, я нашел, что в большинстве случаев результаты обоих методов совпадали, так как ими объяснялись одни и те же явления и выводились одни и те же законы действия. Но методы Фарадея походили на те, при которых мы начинаем с целого и приходим к частному путем анализа, в то время как обычные математические методы были основаны на принципе движения от частностей и построения целого путем синтеза.

Я также нашел, что многие из открытых математиками наиболее плодотворных методов исследования могли быть значительно лучше выражены с помощью идей, вытекающих из работ Фарадея, чем в их первоначальной форме.

Так, например, вся теория потенциала, рассматриваемого в качестве величины, удовлетворяющей определенному дифференциальному уравнению в частных производных, существенным образом принадлежит тому методу, который я назвал методом Фарадея. Согласно другому методу, потенциал, если его вообще следует рассматривать, должен быть представлен как результат суммирования зарядов наэлектризованных частиц, деленных на соответствующее расстояние от данной точки. Благодаря этому многие из математических открытий Лапласа, Пуассона, Грина и Гаусса находят в настоящем трактате свое надлежащее место и соответствующие выражения с помощью концепций Фарадея.

Значительный прогресс в науке об электричестве был достигнут главным образом в Германии, при разработке теории действия на расстоя-

[1] Я пользуюсь случаем, чтобы выразить мою благодарность сэру В. Томсону и профессору Тэйту за многие ценные указания, сделанные во время печатания этой работы.

нии. Ценные электрические измерения В. Вебера интерпретируются им в соответствии с этой теорией и электромагнитными теориями, которые берут свое начало от Гаусса, а в дальнейшем развиты Вебером, Риманом, И. и К. Нейманами, Лоренцом и другими и которые также основаны на идее действия на расстоянии, но включают или непосредственно относительную скорость частиц или явление постепенного распространения чего-либо, будь то потенциал или сила, от одной частицы к другой. Большой успех, которого достигли эти выдающиеся люди в применении математики к электрическим явлениям, придает, как это, впрочем, естественно, дополнительный вес их теоретическим соображениям, так что те, кто обращается к ним как к величайшим авторитетам в области математической теории электричества, например, изучающие электричество, вероятно, впитают в себя вместе с их математическими методами также и их физические гипотезы.

Эти физические гипотезы, однако, совершенно чужды принятому мною воззрению на вещи. Одна из задач, которые я себе поставил, состоит в том, чтобы некоторые изучающие электричество при чтении этого трактата могли прийти к выводу, что имеется и другой способ трактовки того же предмета, который не менее подходит для объяснения явлений и который, хотя может показаться в отдельных разделах менее определенным, по моему мнению, более точно соответствует фактическому состоянию наших знаний как в том, что утверждается, так и в том, что остается еще нерешенным.

С философской точки зрения, кроме того, чрезвычайно важно сравнение двух методов, при помощи которых удалось объяснить основные электромагнитные явления, в частности, объяснить распространение света как электромагнитного явления и действительно вычислить скорость его распространения, в то время как основные концепции фактического существа явлений, а также и большинство вторичных концепций, относящихся к соответствующим величинам, в обоих методах существенно различны.

Я поэтому взял на себя скорее роль адвоката, чем судьи, и скорее представил один метод, чем пытался дать непредвзятое описание обоих. Я не сомневаюсь, что тот метод, который я назвал немецким, также найдет своих приверженцев и будет изложен с умением, достойным его оригинальности.

Я не пытался давать исчерпывающего перечисления электрических явлений, экспериментов и приборов. Читатель, который захотел бы прочесть все, что известно по этим предметам, найдет много полезного в «Трактате об электричестве» профессора А. де ла Рива и в некоторых немецких трактатах, как, например, в «Гальванизме» Видемана, в «Электричестве трения» Рисса, во «Введении в электростатику» Бира и в других.

Я сам посвятил себя почти целиком математической трактовке предмета, но я рекомендовал бы интересующемуся, после того как он, по воз-

можности экспериментально, изучит, что представляют собой подлежащие наблюдению явления, тщательно прочесть «Экспериментальные исследования по электричеству» Фарадея. Там он найдет строго современное историческое изложение многих из величайших открытий и исследований в области электричества в последовательности и порядке, которые едва ли могли быть улучшены, если бы конечные результаты были бы известны с самого начала, и выраженные языком человека, посвятившего большую долю своего внимания методам точного описания научных операций и их результатов [1].

Для изучающего любой предмет чтение оригинальных трудов представляет собой большое преимущество, так как наука всегда наиболее полно усваивается в состоянии рождения; а в том, что касается «Исследований» Фарадея, это сравнительно легко, поскольку они изданы по частям и могут читаться в последовательном порядке. Если чем-либо из написанного здесь я окажу любому изучающему содействие в понимании способов мышления и выражений Фарадея, я буду считать, что одна из моих основных целей, а именно, передать другим то восхищение, которое я испытал сам, читая «Исследования» Фарадея, будет выполнена.

Описание явлений и главных частей теории каждого предмета дается в первых главах каждой из четырех частей, на которые разделен этот трактат. В этих главах читатель найдет достаточно сведений для элементарного знакомства со всем предметом.

Остальные главы каждой части содержат в себе более трудные разделы теории, численные расчеты и описание приборов и методов экспериментального исследования.

Отношения между электромагнитыми явлениями и явлениями излучения, теория молекулярных электрических токов и результаты размышлений о природе действия на расстоянии рассматриваются в последних четырех главах второго тома.

1 февраля 1873 г.

[1] Life and Letters of Faraday, vol. I, p. 395.



РЭЛЕЙ

(1842—1919)

Джон Вильям Стрэтт, третий лорд Рэлей, родился в имении отца в Эссексе. Получив прекрасное домашнее образование, он поступил в Тринити колледж Кембриджского университета. На выпускных конкурсных экзаменах по математике в 1865 г. Рэлей занял первое место. В 1879 г., после смерти Максвелла, он стал вторым Кавендишским профессором. (До него это место предлагали Вильяму Томсону, но тот отказался, не желая покидать близкую ему Шотландию.) Директором Кавендишской лаборатории, при котором она сильно расширилась, Рэлей пробыл 10 лет. Затем несколько лет Рэлей был профессором физики в Королевском институте в Лондоне. В 1873 г. он был избран членом Королевского общества, многие годы был секретарем, а в 1905 г. стал президентом Королевского общества. После Кембриджа Рэлей работал в собственной лаборатории в Тэрлинге, в своем имении в Эссексе.

Работы Рэлея посвящены разнообразным проблемам экспериментальной и теоретической физики, в особенности электромагнитной теории света Максвелла и оптике. Ему мы обязаны теорией рассеяния света, объясняющей голубой цвет неба. Много сил им было отдано созданию стандартов электрических единиц. Точные измерения плотности и состава воздуха привели Рэлея (совместно с Рамзаем) к открытию аргона

и других благородных газов; эти работы в 1904 г. были отмечены Нобелевской премией.

Рэлей обладал точным и ясным умом, что отражалось в выборе простых и оригинальных средств в решении тех, иногда очень конкретных задач, которые он перед собой ставил.

Мы приводим предисловие к первому и второму изданию двухтомной монографии Рэлея «Теория звука» (1878). Благодаря великолепному стилю и богатству содержания, эта книга, написанная почти сто лет тому назад, и сегодня остается одной из замечательных книг по теории колебаний, значение которой выходит далеко за пределы одной только акустики.

ТЕОРИЯ ЗВУКА

Предисловие

В том труде, частью которого является настоящий том, моим стремлением было дать читателю связанное изложение теории звука, которое включало бы наиболее важные из современных ее успехов, достигнутых математиками и физиками. Важность цели, которую я имел в виду, думаю, не будет оспариваться теми, кто компетентен об этом судить. Многие из наиболее ценных вкладов в науку сейчас можно найти только в журналах и в трудах научных обществ, изданных в различных частях света и на нескольких языках и часто практически недоступных тем, кто не живет в соседстве с большими публичными библиотеками. При таком положении вещей технические помехи изучению предмета требуют затраты излишнего труда и создают для развития науки препятствия, которые нельзя недооценивать.

Со времени хорошо известной статьи о звуке в Encyclopœdia Metropolitana, принадлежащей Джону Гершелю (1845), не было опубликовано ни одного полного труда, где предмет трактовался бы математически. Преждевременная смерть профессора Донкина лишила научный мир человека, математические познания которого в соединении с практическим знанием музыки являлись особенно ценными качествами для того, чтобы писать о звуке. Достаточно первой части его «Акустики» — хотя она и является немногим более, чем фрагментом,— чтобы сказать, что моя работа не была бы необходима, если бы профессор Донкин продолжал жить и завершил свой труд.

В выборе вопросов, которые нужно было рассмотреть в труде о звуке, я следовал по большей части примеру своих предшественников. В своей значительной части теория звука, в обычном ее понимании, охватывает ту же область, что и теория колебаний вообще; однако если не ввести

некоторых ограничений, то в рассмотрение пришлось бы включить такие вопросы, как морские приливы, не говоря уже об оптике. Мы, как правило, будем ограничиваться теми классами колебаний, для которых наши уши оказываются готовым и удивительно чувствительным инструментом исследования. Не обладая слухом, мы едва ли много больше интересовались бы колебаниями, чем глаз — светом.

Настоящий том заключает в себе главы о колебаниях систем в общем случае, в которых, я надеюсь, читатель встретит некоторую новизну трактовки предмета, и затем некоторые результаты, вытекающие из более подробного рассмотрения специальных систем, таких, как натянутые струны, стержни, мембраны и пластинки. Второй том, значительная часть которого уже написана, будет начинаться воздушными колебаниями...

Тэрлинг Плэйс, Уитхэм
Апрель 1877 г.

Из предисловия ко второму изданию

...В математических исследованиях я обычно пользовался методами, которые представляются наиболее естественными для физика. Чистый математик будет недоволен, и иногда (нужно сознаться) справедливо, недостаточной строгостью изложения. Однако в этом вопросе имеются две стороны. Действительно, как ни важно в чистой математике постоянно придерживаться высокого уровня строгости изложения, для физика иногда предпочтительнее удовлетвориться аргументами, вполне достаточными и убедительными с его точки зрения. Его уму, воспитанному на идеях иного порядка, более строгие приемы чистого математика могут показаться не более, а менее доказательными. Далее, настаивать на самой высокой строгости во многих более трудных случаях означало бы вовсе исключить их из рассмотрения ввиду чрезмерности требующегося для этого объема.

В первом издании много труда было положено на установление методом Лагранжа общих теорем, и теперь я более чем когда-либо убежден в преимуществах этого приема. Нечасто случается, чтобы теорему можно было доказать во всей ее общности с математическим аппаратом, меньшим, чем тот, который требуется для рассмотрения частных случаев специальными методами.

При просмотре корректур я вновь воспользовался любезным сотрудничеством г-на Г. М. Тэйлора, который впоследствии был, к сожалению, вынужден оставить эту работу. Ему и некоторым другим друзьям я благодарен также за ценные указания.

Июль 1894 г.



КИРХГОФ

(1824—1887)

Густав Роберт Кирхгоф родился в Кенигсберге. Там же он учился в университете и после недолгой доцентуры в Берлине в 1850 г. стал профессором физики в Бреславле, где началось его многолетнее сотрудничество с Бунзеном. Вскоре Кирхгоф и Бунзен, который был замечательным экспериментатором, переехали в Гейдельберг, где в 1854 г. Кирхгоф получил кафедру физики в университете. Через 5 лет появилась серия работ Кирхгофа и Бунзена, приведших к созданию спектрального анализа. Вскоре ими были открыты цезий и рубидий и отождествлен ряд элементов в спектре Солнца. В 1875 г. Кирхгофа убедили принять кафедру математической физики в Берлине, где он затем и работал до конца своей жизни.

Кирхгофу принадлежит ряд результатов в области теоретической физики — правила Кирхгофа для цепей электрического тока, установление равенства излучательной и поглощательной способностей тела, решение волнового уравнения в форме запаздывающих потенциалов, которое сыграло важную роль в развитии электродинамики. Кирхгофом был написан 4-томный курс математической физики. Подход, развитый им в механике, был началом глубокой критики представлений классической физики, которую дальше можно проследить в работах Маха и Герца.

Мы приводим краткое предисловие к первому тому «Механики» из «Лекций по математической физике», опубликованных Кирхгофом в 1876 г.

ЛЕКЦИИ ПО МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ. МЕХАНИКА

Настоящие лекции посвящены главным образом изложению всей области *чистой механики*. Иными словами, они посвящены учению, в котором рассматриваются исключительно *движения:* движение материальных точек, твердых, жидких и упругих тел. Мы исходим из предположения, что вещество непрерывно заполняет пространство так, как это нам представляется, и мы не касаемся теорий, основанных на предположении о существовании молекул.

Исходный пункт изложенного мною представления отличается от общепринятого. Механику принято обычно определять как науку о *силах* и рассматривать силы как *причину*, стремящуюся вызвать и вызывающую движение. Наверное это определение было полезным при развитии механики, а также при изучении этой науки, когда можно обращаться к опыту повседневной жизни для пояснения примеров сил. Однако этим понятиям причины и стремления присуща неясность, от которой они не освобождены. Эта неясность проявляется, например, в различном подходе к тому, следует ли закон инерции и закон о параллелограмме сил рассматривать как результат опыта, или как аксиомы, или же как теоремы, которые логически могут и должны быть доказаны. Мне казалось желательным, что при строгости, с которой делаются выводы в механике, эту неясность можно устранить, даже если это возможно только при ограничении ее задач. На этом основании задачу механики можно видеть в том, чтобы *описать* происходящие в природе движения, а именно, описать полностью и простейшим образом. Этим я хочу сказать, что следует только установить: *каковы* эти явления, а не выяснять, в чем заключается их *причина*. Если исходить из этого и из представлений о пространстве, времени и материи, то путем чисто математических рассуждений мы получаем общие уравнения механики. На этом пути встречается понятие силы, однако мы не в состоянии дать ей сколько-нибудь полного определения. Неполнота такого определения не влечет за собой неясности, так как введение силы является лишь средством упростить формулировки, а именно кратко передать смысл уравнений, который без помощи этого термина только с большим трудом передается словами. Таким образом, для устранения неясности достаточно определить силу так, чтобы каждая теорема механики, где речь идет о силе, могла быть переведена на язык уравнений; и это может быть достигнуто предложенным нами путем.

При том большом количестве материала, который должен быть рассмотрен в сравнительно малом объеме, нельзя, разумеется, ожидать исчерпывающего изложения предмета; можно лишь надеяться, что сделанный отбор материала окажется целесообразным!

Берлин,
Январь 1876 г.



БОЛЬЦМАН

(1844—1906)

Людвиг Больцман родился в Вене. Там же он учился в университете, где профессором физики был Стефан. Свое образование он продолжил в Гейдельберге и Берлине; по окончании курса в 1867 г. был оставлен ассистентом при Физическом институте Венского университета. Тогда же им были начаты исследования по развитию механической теории тепла, давшие основу для создания молекулярно-кинетических представлений, базирующихся на статистических принципах. Эти работы были продолжены в Граце, куда Больцман был приглашен профессором теоретической физики. К этому же времени относятся теоретические и экспериментальные исследования Больцмана по электродинамике. Он одним из первых в континентальной Европе изучил и затем развил максвелловскую теорию, которая вначале с трудом завоевывала умы европейских физиков.

В 1873 г. Больцман вернулся в Вену, но затем, в 1876 г., снова переехал в Грац: сложный и неуживчивый характер Больцмана мешал ему долго работать на одном месте, и вскоре он переезжает в Мюнхен, а затем, уже казалось бы навсегда, возвращается в 1894 г. в родную Вену, где занимает кафедру теоретической физики, освободившуюся после смерти его учителя Стефана. Тем не менее в 1900 г. Больц-

ман уезжает в Лейпциг, но через два года возвращается в Вену с намерением оттуда больше уже не уезжать. В 1906 г. во время отпуска, который он проводил с семьей близ Аббаци в Италии, Больцман покончил с собой.

Больцман был убежденным сторонником молекулярной теории, которой противостояли в те годы представления так называемых энергетиков, в первую очередь Оствальда и Маха. Больцман с большим темпераментом отстаивал свои точки зрения, как это хорошо видно из введения к его замечательным «Лекциям по теории газов» (1896), которое мы приводим.

ЛЕКЦИИ ПО ТЕОРИИ ГАЗОВ

Введение

Уже Клаузиус строго отличал общую механическую теорию тепла, опирающуюся, в основном, на две теоремы, по его примеру именуемые началами теории тепла, от специальной теории, в которой, во-первых, определенно предполагают, что теплота — это молекулярное движение, и, во-вторых, стремятся даже выработать более точное представление относительно характера этого движения.

Общая теория тепла также нуждается в известных гипотезах, выходящих за рамки голых фактов природы. Тем не менее, она, конечно, значительно меньше зависит от произвольных предположений, чем специальная; и снова говорить о том, как желательно и необходимо отделение положений общей теории тепла от положений специальной теории, и указывать на независимость первой от субъективных предположений последней было бы лишь бесполезным повторением известных принципов, ясно изложенных уже Клаузиусом, который, основываясь на них, разделил свою книгу на две части.

В последнее время соотношение между этими двумя ветвями теории тепла претерпело некоторые изменения. На основе изучения крайне интересных аналогий и различий в превращениях энергии в разных областях физических явлений возникла так называемая энергетика, отрицательно относящаяся к представлению о тепле, как о молекулярном движении. Это представление действительно не является необходимым для общей теории тепла, и, как известно, уже Роберт Майер не разделял его. Несомненно, дальнейшее развитие энергетики имеет большое значение для науки; однако до сих пор ее понятия еще слишком неясны, а ее положения сформулированы еще слишком неоднозначно для того, чтобы вытеснить точно определенные теоремы старой теории тепла, всегда хорошо применимые к новым частным случаям, когда результат заранее еще не известен.

В области теории электричества старое, общепринятое, особенно в Германии, механическое объяснение соответствующих явлений посредством сил дальнодействия потерпело крушение. Хотя сам Максвелл и отзывается с величайшим уважением о теории Вильгельма Вебера, которая, определив соотношение между электростатической и электромагнитной единицами измерений и открыв его связь со скоростью света, заложила первый камень здания электромагнитной теории света, все же пришли к заключению, что механическая гипотеза Вильгельма Вебера относительно действия электрических сил была даже вредна для развития науки.

В Англии взгляды на природу тепла и на атомистику были этим мало затронуты. На континенте же, где предположение о центральных силах, действующих между материальными точками, прежде столь полезное в астрономии, обобщили в теоретико-познавательное требование и вследствие этого еще полтора десятилетия тому назад едва уделяли внимание теории электричества Максвелла (вредным было только это обобщение), сейчас снова сделали обобщение о временном характере любой специальной гипотезы и заключили, что и предположение о тепле, как о движении мельчайших частиц, будет со временем признано неверным и останется в стороне.

В противовес этому следует напомнить, что слияние кинетической теории с учением о центральных силах является чисто случайным. Теория газов имеет даже особое сходство с теорией электричества Максвелла, заключающееся в том, что видимое движение газа, внутреннее трение и тепло она рассматривает как явления, которые кажутся существенно различными только в стационарном или приближенно стационарном состоянии, тогда как в известных переходных случаях (очень быстрые звуковые колебания с выделением тепла, трение или теплопроводность в сильно разреженных газах[1]) вообще невозможно резко разделить, что является видимым движением и что — тепловым (ср. § 24); точно так же и в теории электричества Максвелла в переходных случаях невозможно провести разделение электростатических и электродинамических сил и т. д. Как раз в этих переходных областях теория электричества Максвелла внесла нечто совершенно новое. Также и теория газов в таких переходных случаях приводит к совсем новым законам, из которых вытекают обычные гидродинамические уравнения, исправленные на трение и теплопроводность, только как приближенные формулы (ср. § 23). На совершенно новые законы впервые было указано в появившейся шестнадцать лет тому назад статье Максвелла «О напряжениях в разреженных газах». К эффектам, к которым никогда не могла бы привести теория, ограничивающаяся описанием старых гидродинамических явлений, следует также отнести радиометрические явления. Попытки наблюдать их количественно и в совершенно иных условиях дали бы, несомненно, доказательства того, что инициатива и руководство в опре-

[1] Ср. Kundt und Warburg, Pogg. Ann. 1875, 155, 341.

деленной, нетронутой до сих пор области экспериментального исследования может исходить только от теории газов; ведь оставалась же исключительная плодотворность теории электричества Максвелла для экспериментального исследования почти незамеченной более двадцати лет.

В то время как какое-либо качественное различие тепла и механической энергии в дальнейшем изложении исключается, при исследовании столкновений между молекулами потенциальная и кинетическая энергии должны различаться по-прежнему. Это, однако, вовсе не соответствует сущности вещей. Наши предположения о взаимодействии молекул при столкновении носят временный характер и несомненно будут когда-нибудь заменены другими. Я пытался даже набросать теорию газов, в которой вместо сил, действующих во время столкновений, фигурировали бы только уравнения связей в смысле постулатов механики Герца, более общие, чем уравнения упругих столкновений; я, однако, отказался от этого, так как мне все-таки пришлось делать новые произвольные предположения.

Опыт показывает, что к новым открытиям приходили почти исключительно посредством конкретных механических представлений. Сам Максвелл с первого взгляда понял недостатки теории электричества Вебера; он, напротив, ревностно разрабатывал теорию газов и решительно предпочитал (как он выражался) метод механических аналогий методу чисто математических формул.

Поэтому до тех пор, пока более наглядные и совершенные представления отсутствуют, мы, наряду с общей теорией тепла и не умаляя ее важности, должны развивать старые гипотезы специальной теории. Действительно, если история науки показывает, как часто теоретико-познавательные обобщения оказывались ложными, то не может ли и модное в настоящее время направление, отрицательно относящееся к любым специальным представлениям, так же как и признание качественно различных видов энергии, оказаться шагом назад? Кто предвидит будущее? Поэтому шире дорогу для любого направления, прочь с любой догматикой в атомистическом или антиатомистическом смысле! Кроме того, называя представления теории газов механическими аналогиями, мы уже этим ясно показываем, как далеки мы от того, чтобы считать, что эти представления во всех подробностях соответствуют истинным свойствам мельчайших частиц тел...



ГЕРЦ

(1857—1894)

Генрих Рудольф Герц родился в семье гамбургского адвоката. Он учился в реальном училище, но аттестат зрелости получил в городской гимназии. Герц сперва думал стать инженером и поступил в Высшее техническое училище в Дрездене. Однако стремление к физике привело его сначала в Мюнхенский университет, а затем в Берлин, где он стал ассистентом в лаборатории Гельмгольца. В 1883 г. Герц принял доцентуру в Киле, а вскоре он стал профессором физики в Высшей технической школе в Карлсруэ. Именно там он сделал свои главные работы в области электродинамики. Последние два года жизни он был профессором в Боннском университете.

В Герце сочетался тончайший и остроумный экспериментатор с глубоко мыслящим теоретиком и образованным математиком. «Наделенный редчайшими дарами ума и характера, он собрал в своей, увы, столь короткой жизни урожай почти нежданных плодов, обрести которые тщетно стремились в течение истекающего столетия многие из самых одаренных его коллег. В старое классическое время сказали бы, что он пал жертвой богов.» Так писал Гельмгольц в биографии своего безвременно умершего любимого ученика. Замечательные опыты с электромагнитными волнами открыли путь к изобретению радио и подтвердили электромагнитную теорию света Макс-

велла. Вместе с тем Герц открыл фотоэффект — явление, послужившее основой для развития квантовой теории света. Ему принадлежит и первое наблюдение прохождения пучка катодных лучей — электронов — через тонкую фольгу.

Мы приводим предисловие и начало введения к посмертно опубликованной книге «Принципы механики, изложенные в новой связи» (1894).

ПРИНЦИПЫ МЕХАНИКИ, ИЗЛОЖЕННЫЕ В НОВОЙ СВЯЗИ

Все физики согласны с тем, что задача физики состоит в приведении явлений природы к простым законам механики. Однако в вопросе о том, какими являются эти простые законы, мнения расходятся. Большинство понимает под этими законами просто ньютоновы законы движения. На самом же деле последние получают свой внутренний смысл и физическое значение только благодаря невысказанной явно мысли, что силы, о которых говорят эти законы, имеют простую природу и простые свойства. При этом, однако, не установлено, что является простым и допустимым и что не является таковым; именно в этом пункте и начинаются разногласия. По этой причине и возникают расхождения в вопросе о том, соответствуют ли положениям обычной механики те или другие концепции или нет. Правда, эта неопределенность обнаруживается только при возникновении существенно новых задач, но здесь она становится первым препятствием к исследованию. Например, еще преждевременна попытка свести к законам механики уравнения движения эфира, поскольку еще нет единого мнения о том, что обозначается этим названием.

Задача, к решению которой стремится предлагаемое исследование, состоит в том, чтобы выполнить имеющиеся здесь пробелы и указать совершенно определенную формулировку законов механики, которая была бы совместима с уровнем современных знаний и была бы не слишком узкой и не слишком широкой по отношению к их объему. Эта формулировка не должна быть слишком узкой, т. е. не должно существовать никакого естественного движения, которое не подчинялось бы ее требованиям; в то же время она не должна быть слишком широкой, т. е. она не должна разрешать никаких движений, наличие которых исключено уже современным уровнем наших знаний. Является ли формулировка законов механики, которую я даю в качестве решения поставленной задачи, единственно возможной или существуют и другие возможные формулировки, этот вопрос остается открытым. Однако тот факт, что данная формулировка во всех отношениях возможна, я доказываю тем, что вывожу на ее основе все содержание обычной механики, поскольку последняя ограничивается действительными силами и связями природы, а не рассматривается просто как арена математических упражнений.

В результате этой работы из теоретического трактата получилась книга, которая содержит полный обзор всех более или менее важных

общих положений динамики и может даже считаться систематическим курсом этой науки. Конечно, она не пригодна в качестве начального введения в динамику, но она может быть полезным руководством для тех, кто уже знает механику в обычном ее изложении. Этот труд, как мы надеемся, может продемонстрировать нашу концепцию, исходя из которой более четко выявится физическое значение механических принципов, их внутренние отношения; на основе этого выявится понятие силы, так же как и остальные основные понятия механики.

Задача, поставленная в настоящем исследовании, уже рассмотрена в скрытом виде и нашла одно из возможных решений в работе Гельмгольца о принципе наименьшего действия и в связанной с ней работе о циклических системах [1]. В первой работе формулируется и доказывается тезис, что механика может охватить все процессы природы и в том случае, когда в качестве всеобщих рассматриваются не ньютоновы основания механики, а за исходные принципы принимают особые предпосылки, лежащие в основе принципа Гамильтона. Во второй из названных работ впервые разъясняется смысл и значение скрытых движений. Мое собственное исследование подвергалось со стороны этих работ сильному влиянию как в общем, так и в деталях и находится в зависимости от них. Раздел о циклических системах почти полностью заимствован из них. Если не считать формы, то отклонение в моем изложении касается главным образом двух пунктов: во-первых, я с самого начала стремлюсь освободить элементы механики от того, что Гельмгольц исключает из механики в результате последующих ограничений; во-вторых, я исключаю из механики в определенном смысле слова меньше, не опираясь при этом ни на принцип Гамильтона, ни на другой интегральный принцип. Причина этого и проистекающие отсюда следствия станут ясными из самой работы. Ход мысли, аналогичный изложенным идеям Гельмгольца, развивается в замечательном трактате Дж. Дж. Томсона о физических применениях динамики [2]. Автор развивает здесь следствия динамики, которые наряду с ньютоновскими законами движения имеют в своей основе новые, не выраженные четко предпосылки. Я мог бы примкнуть и к этому трактату; фактически же мое собственное исследование уже значительно подвинулось, прежде чем я познакомился с этим трактатом. То же самое я могу сказать и о родственных в математическом отношении, но более старых работах Бельтрами [3] и Липшица [4], которые тем не

[1] H. von Helmholtz. Über die physikalische Bedeutung der Prinzips der kleinsten Wirkung. Journ. für die reine und angewandte Mathematik, **100**, 1887, S. 137—166, 215—222; Prinzipen der Statik monocyklischer Systeme. ibid., **97**, 1884, S. 111—140, 317—336.

[2] О некоторых приложениях принципов динамики к физическим явлениям. Philosophical Transactions, 1885, 176, II, p. 307–342.

[3] Об общей теории дифференциальных параметров. Mem. della Reale Accad. di Bologna, 25 Febbrajo 1869.

[4] Исследование проблем вариационного исчисления, в которых заключены проблемы механики.— Jour. für die reine und Angewandte Mathematik, 74, 1877, S. 116—149. Замечания о принципе наименьшего действия. Ibid., 82, 1877, S. 316—342.

менее явились для меня сильным побуждающим толчком, точно так же как и изложение Дарбу [1], в котором он снабдил эти работы собственными добавлениями. Некоторые математические трактаты, которые я мог бы и должен был учесть, возможно, ускользнули от моего внимания. В общем я очень обязан прекрасной книге о развитии механики Маха [2]. Само собой разумеется, что я воспользовался наиболее известными учебниками по общей механике и прежде всего обширным изложением динамики в учебнике Томсона и Тэйта [3]. Ценной для меня была также тетрадь лекций по аналитической динамике Борхардта, которые я записал зимой 1878—1879 гг. Здесь я назвал использованные мною источники; в тексте я буду цитировать лишь отдельные источники, касающиеся рассматриваемого предмета. Что касается деталей, то здесь я не могу указать ничего, что не было бы заимствовано из других книг. То, что, как я надеюсь, является новым и чему я единственно придаю значение,— это систематизация и обобщение всего материала, следовательно, логическая или, если хотите, философская сторона предмета. Достигла ли моя работа цели или претерпела неудачу, это зависит от того, что она дала и в этом отношении.

Введение

Ближайшая и в определенном смысле важнейшая задача нашего сознательного познания природы заключается в том, чтобы найти возможность предвидеть будущий опыт и в соответствии с этим регулировать наши действия в настоящем. Основой для решения этой задачи познания при всех обстоятельствах служит предшествующий опыт, полученный или из случайных наблюдений или из специальных экспериментов.

Метод, которым мы всегда пользуемся при выводе будущего из прошедшего, чтобы достигнуть этого предвидения, состоит в следующем: мы создаем себе внутренние образы или символы внешних предметов, причем мы создаем их такими, чтобы логически необходимые следствия этих представлений в свою очередь были образами естественно необходимых следствий отображенных предметов. Чтобы это требование вообще было выполнимым, должно существовать некоторое соответствие между природой и нашим умом. Опыт учит нас, что это требование выполнимо и что такое соответствие существует в действительности. Если нам удалось создать из накопленного до сих пор опыта представление требуемого характера, то мы можем в короткое время вывести из них, как из моделей, следствия, которые сами по себе проявились бы во внешнем мире только через продолжительное время или же были результатом нашего вмешательства; следовательно, мы имеем возможность предвидеть факты и координировать принятые нами решения со сложившимися пред-

---

[1] Лекции об общей теории поверхностей. Кн. V, гл. VI, VII, VIII. Париж, 1889.
[2] Механика. Историко-критический очерк развития (1883).
[3] Трактат о натуральной философии (1867) (см. стр. 185).

ставлениями. Образы, о которых мы говорим, являются нашими представлениями о вещах; они находятся с вещами лишь в одном существенном соответствии, которое состоит в выполнении упомянутого выше требования. Однако отнюдь не необходимо, чтобы они, кроме того, были в каком-либо другом соответствии с вещами. Фактически мы не знаем и не имеем способа узнать, совпадают ли наши представления о вещах с этими вещами в чем-либо другом, кроме упомянутого выше одного основного соотношения.

Образы предметов, создаваемые нами, еще не определены однозначно требованием, чтобы следствия образов были в свою очередь образами следствий. Возможны различные образы одних и тех же предметов и эти образы могут отличаться в различных отношениях. Недопустимыми образами мы должны были бы признать заранее такие, которые уже в себе содержат противоречие законам нашего мышления и, следовательно, прежде всего мы требуем, чтобы все наши образы были логически допустимы, или просто допустимы. Мы называем допустимые образы неправильными в том случае, если их существенные соотношения противоречат отношениям внешних вещей, т. е. они не удовлетворяют нашему первому основному требованию. Поэтому мы требуем, кроме того, чтобы наши образы были правильными. Но два допустимых и правильных образа одних и тех же внешних предметов могут еще отличаться один от другого с точки зрения целесообразности. Из двух образов одного и того же предмета тот образ будет более целесообразным, который в ближайшей степени отображает существенные отношения предмета, чем тот, который, как нам хочется особо подчеркнуть, является более ясным. Из двух образов более целесообразным при одинаковой ясности будет тот образ, который, наряду с существенными чертами, содержит меньше излишних или пустых отношений, который, следовательно, является более простым. Пустых отношений нельзя избежать полностью, ибо они привносятся в образы уже потому, что это только образы и к тому же образы нашего ума и, следовательно, должны определяться также свойствами его способа отображения.

До сих пор мы перечисляли требования, которые мы ставим перед самими образами. Совсем другие, однако, те требования, которые мы ставим перед научным описанием таких образов. Мы требуем от последнего, чтобы оно ясно показало, какие свойства приписываются образам ради их допустимости, какие ради их правильности и какие ради их целесообразности. Только так мы получаем возможность изменять наши образы и улучшать их. То, что приписывалось образам ради их целесообразности, содержится в обозначениях, определениях, сокращениях, одним словом, во всем том, что мы можем произвольно добавлять и отбрасывать. То, что приписывается образам ради их правильности, содержится в данных опыта, на основе которых построены образы. То, что приписывается образам ради их допустимости, дано свойствами нашего ума. Является ли образ допустимым или нет, можно решить однозначно в

положительном или отрицательном смысле, и при этом наше решение сохраняет силу навсегда. Является ли картина правильной или нет, можно тоже решить однозначно в положительном или отрицательном смысле, но только по состоянию нашего теперешнего опыта и при допущении оговорки, касающейся более позднего и более зрелого опыта. Является ли образ целесообразным или нет, по этому вопросу не существует однозначного решения; здесь могут существовать различные мнения. Один образ может иметь преимущества в одном, другой — в другом отношении, и только в результате постепенной проверки многих образов с течением времени выясняются, наконец, наиболее целесообразные.

Здесь изложены точки зрения, исходя из которых, на мой взгляд, можно судить о ценности физических теорий и о ценности их изложения. Во всяком случае, мы будем рассматривать прежние изложения принципов механики, основываясь именно на этих точках зрения. При этом прежде всего необходимо с определенностью выяснить, что мы понимаем под термином «принцип».

Первоначально в механике понимали под «принципом» в строгом смысле каждое высказывание, которое нельзя было в свою очередь привести к другим положениям самой же механики, но которое можно было рассматривать как непосредственный результат, вытекающий из других источников познания. В ходе исторического развития нельзя было избежать тех положений, которые, при наличии особых предпосылок в свое время справедливо были названы принципами, позже, хотя и неправильно, сохранили это название. Со времени Лагранжа часто указывали, что принципы центра тяжести и площадей в сущности являются только теоремами общего содержания. Однако одинаково справедливо можно отметить, что также и остальные так называемые принципы не могут носить это название независимо друг от друга и что каждый из них должен снизойти до ранга следствия или теоремы, как только изложение механики будет обосновываться одним или несколькими из них. В соответствии с этим понятие принципа механики не является строго устойчивым. Поэтому мы сохраним за упомянутыми положениями в нашем изложении их прежнее название; однако когда мы просто и в общем говорим о принципах механики, то мы не будем понимать под ними этих отдельных конкретных положений, а лишь любые произвольно выбранные из них или аналогичные им положения, удовлетворяющие условию, что вся механика может быть выведена из них чисто дедуктивно без дальнейшей ссылки на опыт. При таком методе обозначения основные принципы механики вместе со связывающими их принципами дадут простейшую картину, которую может создать физика о вещах чувственного мира и происходящих в нем процессах. И так как мы можем дать различные изложения принципов механики при различном выборе положений, лежащих в ее основе, то мы получаем различные картины вещей. Эти картины мы можем проверять и сравнивать в отношении их допустимости, правильности и целесообразности.



ЛОРЕНЦ

(1853—1928)

«В начале нашего столетия физики-теоретики всего мира с полным правом смотрели на Г. А. Лоренца как на своего наставника. Физики младшего поколения в большинстве случаев не представляют себе полностью той огромной роли, которую сыграл Лоренц в становлении идей теоретической физики. Причина этого странного непонимания коренится в том, что фундаментальные идеи Лоренца настолько вошли в плоть и кровь, что молодые ученые вряд ли способны осознать их смелость и вызванное ими упрощение основ физики» — писал Эйнштейн в статье «Лоренц как творец и человек», посвященной 100-летию со дня его рождения.

Гендрик Антон Лоренц родился в Арнеме (Голландия). Там же он учился в школе; затем продолжил свое образование в Лейдене. После окончания университета он два года преподавал в школе родного города и тем временем подготовил диссертацию «Теория отражения и преломления света», которую вскоре блестяще защитил. В 24 года Лоренц получил кафедру теоретической физики в Лейдене. Эту кафедру он занимал в течение 35 лет.

Работы Лоренца посвящены развитию максвелловской электродинамики и созданию теории электрона. Вслед за открытием в 1896 г. Зееманом влияния магнитного

поля на спектральные линии, Лоренц смог немедленно дать объяснение этого эффекта. В 1902 г. вместе с Зееманом он разделил Нобелевскую премию. Исследования Лоренца непосредственно подвели его к понятиям теории относительности, хотя позднее он не мог до конца примириться с тем толкованием времени и пространства, которое дал Эйнштейн.

Необыкновенная привлекательность, чувство мягкого юмора и глубокое понимание характера людей сделали его непревзойденным руководителем международных семинаров и конференций, тем более, что он великолепно владел семью европейскими языками.

Мы приводим введение к одной из основных работ Лоренца «Опыт построения теории электрических и оптических явлений в движущихся телах» (1895).

ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В ДВИЖУЩИХСЯ ТЕЛАХ

§ 1. Еще никто не дал вполне удовлетворительного ответа на вопрос: принимает ли эфир участие в движении материальных тел. Для решения этого вопроса в первую очередь следует привлечь аберрацию света и связанные с нею явления; однако до сих пор ни одна из соперничающих теорий — ни теория Френеля, ни теория Стокса — не согласуются полностью со всеми наблюдениями, так что выбор в пользу какого-то одного воззрения приходится делать, взвешивая и сравнивая трудности, еще остающиеся там и тут. Таким образом я уже давно пришел к убеждению, что точка зрения Френеля, т. е. предположение о неподвижном эфире,— на правильном пути. Что касается точки зрения Стокса, то она вызывает, пожалуй, лишь одно сомнение, а именно его предположения о движении эфира вблизи Земли оказываются противоречивыми [1]; но это сомнение является очень серьезным и я не вижу, как его можно устранить.

Для теории Френеля трудности возникают из известного интерференционного опыта Майкельсона [2], а также, как полагают некоторые, из опытов, в которых Де Кудр [3] безуспешно пытался обнаружить влияние движения Земли на индукцию двух контуров тока. Однако результаты американского исследователя можно истолковать, привлекая вспомогательную гипотезу, а то, что получил Де Кудр, совершенно просто объясняется и без помощи такой гипотезы.

---

[1] Lorentz. Arch. néer. 1887, 21, 103; Lodge, Phil. Trans. 1892, 184, 727; Lorentz. Versl. Akad. Wet. Amsterdam, 1892, 1, 97.

[2] Amer. Journal of Science, 1881, 22, 120; 1887, 34, 333. Phil. Mag., 1887, 24, 449.

[3] Wied. Ann., 1889, 38, 71.

Особо следует отметить опыты Физо [1] по вращению плоскости поляризации в стеклянных столбах. На первый взгляд результат решительно противоречит воззрениям Стокса. Однако при дальнейшей разработке теории Френеля не удалось объяснить опыты Физо, и я постепенно пришел к заключению, что их результат вызван ошибками наблюдения или же, по меньшей мере, не соответствует теоретическим соображениям, положенным в основу опытов. Сам Физо в ответ на запрос моего коллеги ван де Занде Бакхейзена любезно разъяснил, что в настоящее время он не считает свои наблюдения окончательными.

В дальнейшем я подробно остановлюсь на затронутых здесь вопросах. Здесь же я хотел бы лишь сказать несколько слов в пользу моего исходного предположения.

Как известно, теорию Френеля можно обосновать с помощью различных соображений. Прежде всего, невозможно заключить эфир между твердыми или жидкими стенками. Насколько мы знаем, безвоздушное пространство влияет на движение материальных тел в механическом отношении так же, как абсолютная пустота. Наблюдая, как ртуть в барометре при наклоне трубки поднимается до самого верха, или как легко раздавливается замкнутая металлическая оболочка, трудно противиться впечатлению о полной проницаемости твердых и жидких тел для эфира. Трудно предположить, что эфир в этих телах подвергается сжатию, не оказывая сопротивления.

Знаменитый интерференционный опыт Физо [2] с текущей водой показывает, что при движении *прозрачных* тел их скорость передается находящемуся в них эфиру лишь частично. Этот опыт, позднее повторенный Майкельсоном и Морли [3] в больших масштабах, не мог бы привести к наблюдаемому эффекту, если бы *все* содержимое труб имело бы одну и ту же скорость. Остается неясным лишь вопрос о поведении непрозрачных веществ и весьма протяженных тел.

Следует заметить, что проницаемость тела для эфира можно себе представить двояким образом. Это свойство могло бы отсутствовать у отдельных атомов и проявляться лишь при наличии больших количеств вещества — при условии, что размеры атомов весьма малы по сравнению с расстояниями между ними. Можно также предположить —и эту гипотезу я в дальнейшем возьму за основу,— что весомая материя *абсолютно* проницаема и что, в частности, эфир пронизывает также и атом; это было бы понятно, если бы атом можно было рассматривать как локальную модификацию эфира.

Я не собираюсь входить в детали подобных спекулятивных рассуждений или высказывать догадки о природе эфира. Мне хотелось бы по возможности воздержаться от предвзятых мнений об этом веществе и не приписывать ему, например, свойства обычных жидкостей и газов. Если

---

[1] Ann. de chim. et de phys., 1860, 58, 129; Pogg. Ann. 1861, **114**, 554.

[2] Ann. de chim. et de phys., 1859, **57**, 385; Pogg. Ann. 1853, 3, 457.

[3] Amer. Journal of Science, 1886, **31**, 377.

окажется, что наилучшее соответствие с явлениями достигается в предположении абсолютной проницаемости, то этим следует в данное время удовлетвориться, надеясь, что дальнейшие исследования смогут привести нас к более глубокому пониманию.

Само собой разумеется, что об *абсолютном* покое эфира не может быть и речи; это выражение даже не имеет смысла. Если я ради краткости говорю, что эфир покоится, то это значит, что одна часть этой среды не движется относительно другой и что все видимые движения небесных тел суть движения относительно эфира.

§ 2. С тех пор, как учение Максвелла стало распространяться все шире, вопрос о свойствах эфира приобрел большую важность и для теории электричества. Строго говоря, нельзя сколько-нибудь основательно проанализировать ни одного опыта, в котором движется заряженное тело или проводник с током, не касаясь покоя или движения эфира. В отношении каждого электрического явления возникает вопрос о влиянии движения Земли; что же касается влияния последнего на оптические явления, то от электромагнитной теории света надо требовать соответствия с уже установленными фактами. Теория аберрации принадлежит именно к тем разделам оптики, которые нельзя трактовать с помощью одних общих принципов волновой теории. Поскольку здесь участвует телескоп, нельзя не применить коэффициента увлечения Френеля для линз, а его значение следует вывести из специальных предположений о природе световых колебаний.

Два года тому назад я показал [1], что электромагнитная теория света действительно приводит к коэффициенту, принятому Френелем. С тех пор я значительно упростил теорию и распространил ее на явления при отражении и преломлении, а также на двоякопреломляющие тела [2].

Позвольте мне теперь вернуться к существу дела. Чтобы прийти к основным уравнениям для электрических явлений в движущихся телах, я примкнул к точке зрения, которую в последние годы разделяют многие физики; а именно, я предположил, что во всех телах имеются малые электрически заряженные материальные частицы и что все электрические явления обусловлены расположением и движением этих «ионов». Эта точка зрения в отношении электролитов является общепризнанной и единственно возможной; Глизе [3], Шустер [4], Аррениус [5], Эльстер и Гейтель [6] высказывали мнение о том, что электропроводность газов также вызвана перемещением ионов. Мне представляется, что ничто не мешает сделать предположение о том, что молекулы диэлектрических тел также содержат заряженные частицы, привязанные к определенным положениям равнове-

---

[1] Arch. néerl., 1892, **25**, 363.
[2] Versl. Akad. Wet. Amsterdam, 1892—1893, **1**, 28 und 149.
[3] Wied. Ann. 1882, **17**, 538.
[4] Proc. Royal Soc., 1884, **37**, 317.
[5] Wied. Ann., 1887, **32**, 565; 1888, **33**, 638.
[6] Wiener Sitzungsberichte, 1888, **97**, 1255.

сия и смещающиеся только под действием внешних электрических сил; в этом и заключается «диэлектрическая поляризация» таких тел.

Периодически изменяющаяся поляризация, соответствующая, согласно теории Максвелла, световому лучу, согласно этой точке зрения, сводится к колебанию ионов. Как известно, многие исследователи, находившиеся на позициях старой теории света, рассматривали участие весомой материи в колебаниях как причину дисперсии света. Это объяснение в основном сохраняется и в электромагнитной теории света, при этом ионам нужно только приписать определенную массу. Я показал это в моей старой работе[1], где, однако, я выводил движение частиц из законов дальнодействия, в то время как сейчас я гораздо проще получаю то же из представлений Максвелла. Позже Гельмгольц[2] исходил в своей электромагнитной теории света из той же точки зрения[3].

Гизе[4] применил к различным случаям гипотезу о том, что в металлических проводниках электричество связано с ионами; однако данная им картина явлений в проводниках в *одном* пункте существенно отличается от представлений, принятых в отношении проводимости электролитов. В то время как частицы растворенной соли, как бы они ни задерживались молекулами воды, в конце концов могут перемещаться на большие расстояния, ионы в медной проволоке не обладают столь большой способностью к перемещениям. Тем не менее, здесь возможны передвижения на молекулярные расстояния, если предположить, что ион часто передает свой заряд другому иону или что два противоположно заряженных иона при своей встрече или после того, как они «связываются» друг с другом, обмениваются зарядами. Во всяком случае, такие явления должны происходить на границе двух тел, когда ток течет через эту границу. Если, например, из раствора соли на медной пластинке осаждаются n положительно заряженных атомов меди, и если мы считаем, что все это электричество связывается с ионами, то следует принять, что заряды переходят на n атомов в медной пластинке, или что $^1/_2\, n$ выделяющихся частиц обмениваются зарядами с $^1/_2\, n$ отрицательно заряженными атомами меди, уже находящимися в электроде.

Таким образом, предположение о переходе ионных зарядов или обмене ими (этот процесс еще весьма неясен) является неизбежным дополнением любой теории, которая предполагает перенос электричества ионами. Поэтому продолжительный электрический ток никогда не является *только* конвективным. По крайней мере, если расстояние между центрами двух соприкасающихся или связанных друг с другом частиц равно l, то движение электричества на расстояния порядка l происходит без конвекции;

---

[1] Verhandelingen K. Akad. Wet. Amsterdam, 1878, 18. Wied. Ann. 1880, 9, 641.
[2] Wied. Ann., 1893, 48, 389.
[3] Колачек (Koláček. Wied. Ann., 1887, 32, 224 und 429) также сделал попытку объяснить, хотя и другим образом, дисперсию электрическими колебаниями в молекулах. Следует также упомянуть теорию Гольдхаммера.
[4] Giese. Wied. Ann., 1889, 37, 576.

если же это расстояние мало по сравнению с отрезком, на который происходит перемещение зарядов, то в целом существенна только конвекция.

Гизе придерживается мнения, что в металлах истинная конвекция вообще не играет роли. Поскольку ввести в теорию «перепрыгивание» зарядов кажется невозможным, то я вынужден полностью отказаться от рассмотрения этого процесса и представляю себе ток в металлической проволоке как движение заряженных частиц.

Дальнейшее исследование должно решить, сохранятся ли результаты теории при иных предположениях.

§ 3. Теория ионов весьма подходит для моей цели, поскольку она позволяет в уравнениях достаточно удовлетворительным образом учесть проницаемость тел для эфира. Эти уравнения естественно разбиваются на две группы. Во-первых, следует рассмотреть, как определяется состояние эфира зарядом, положением и движением ионов; затем, во-вторых, следует задать силы, с которыми эфир действует на заряженные частицы. В моей уже цитированной работе [1] я вывел соответствующие формулы с помощью принципа Даламбера, делая неточные предположения; этот путь имеет много общего с применением уравнений Лагранжа Максвеллом. Теперь же я ради краткости предпочитаю формулировать сами основные уравнения в качестве исходных гипотез.

Уравнения поля в эфире, т. е. в пространстве между ионами, совпадают с известными уравнениями теории Максвелла; в общем случае они показывают, что любое возмущение, вызванное ионом в эфире, распространяется со скоростью света. Но мы считаем, что сила, с которой действует эфир на заряженную частицу, зависит от состояния среды в том месте, где находится частица. Таким образом, принятый нами основной закон существенно отличается от законов, сформулированных Вебером и Клаузиусом. Влияние, испытываемое частицей B вследствие близости частицы A, хотя и зависит от движения последней, но не от ее движения в *тот же момент*; напротив, имеет значение движение частицы A в более ранний момент, и принятый нами закон удовлетворяет требованию, которое Гаусс поставил перед электродинамической теорией в своем знаменитом письме к Веберу [2] в 1845 г.

Вообще говоря, сделанные мною предположения в некотором смысле возвращают нас к старой теории электричества. Сущность воззрений Максвелла при этом сохраняется, но нельзя отрицать, что введенные в теорию ионы не слишком отличаются от частиц электричества, с которыми оперировали раньше. Это особенно очевидно в некоторых простых случаях. Так, например, вся электростатика принимает прежнюю форму, поскольку мы рассматриваем электрический заряд как скопление положительно или отрицательно заряженных частиц, и наши основные формулы для покоящихся ионов дают закон Кулона.

[1] Arch. néerl., 1892, **25**, 363.
[2] Gauss, Werke, **5**, 629.



ГИББС

(1839—1903)

Жизнь первого крупного американского физика-теоретика Джозайя Билларда Гиббса бедна внешними событиями. Он родился в Нью-Хейвене, в семье профессора Иельского колледжа. В этом же колледже, впоследствии преобразованном в университет, он получил образование, там же после окончания он преподавал вначале латынь, затем — физику. Гиббс был первым, получившим степень доктора философии по технике в Иельском университете — его диссертация была посвящена зубчатым передачам. Очень существенны для Гиббса были три года, проведенные в Европе, сначала в Париже и Берлине, затем — в Гейдельберге, где в то время работали Гельмгольц и Кирхгоф. В 1871 г. Гиббс стал профессором математической физики Иельского университета; он занимал эту кафедру до конца жизни. Гиббс имел малообщительный характер и слабое здоровье; он не был женат и всю свою жизнь прожил в доме своей сестры. Гиббс только раз произнес речь перед профессурой университета. Его выступление было предельно кратким: «Математика — это язык».

Первые работы Гиббса появились поздно, когда ему было уже 34 года. Еще позднее пришло признание его заслуг и понимание всего значения его исследований. Помимо основополагающих работ по термодинамике, в частности, термодинамике гете-

рогенных систем, Гиббс также известен своими работами по электродинамике и математике; он многое сделал для того, чтобы придать векторному исчислению тот вид, который нам теперь привычен. Метод, развитый Гиббсом в термодинамике, стал основным методом статистической физики, и появление позднее квантовой механики и квантовой статистики сохранило и лишь развило подход, указанный Гиббсом.

Мы приводим предисловие к главной монографии Гиббса «Элементарные принципы статистической механики, разработанные в связи с рациональным обоснованием термодинамики», опубликованной в 1902 г., за год до смерти автора. Этот труд, написанный сжато и оригинально, нелегко воспринимается читателем. Недаром Лоренц писал, что «слово „элементарное" скорее указывает на скромность автора, чем на простоту предмета».

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ПРИНЦИПЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ,

РАЗРАБОТАННЫЕ В СВЯЗИ С РАЦИОНАЛЬНЫМ ОБОСНОВАНИЕМ ТЕРМОДИНАМИКИ

Предисловие

Обычной точкой зрения в изучении механики является та, при которой внимание направлено, главным образом, на изменения, происходящие с течением времени в данной системе. Основной проблемой является определение состояния системы по отношению к скоростям и конфигурации в любой требуемый момент, если ее состояние в этих отношениях было задано для некоторого определенного момента времени и основные уравнения выражают изменения, непрерывно происходящие в системе. Исследования такого рода часто упрощаются путем рассмотрения иных состояний системы, помимо тех, через которые она действительно или по предположению проходит; но наше внимание обычно не выходит за пределы состояний, бесконечно мало отличающихся от тех, которые рассматриваются как действительные.

Для некоторых целей, однако, желательно принять более широкую точку зрения. Мы можем представить себе большое число систем одинаковой природы, но различных по конфигурациям и скоростям, которыми они обладают в данный момент, и различающихся не только бесконечно мало, но так, что охватывается каждая комбинация конфигураций и скоростей. При этом мы можем поставить себе задачей не прослеживать определенную систему через всю последовательность ее конфигураций, а установить, как будет распределено все число систем между различными возможными конфигурациями и скоростями в любой требуемый момент, если такое распределение было задано для какого-либо момента времени. Основным уравнением при таком исследовании является урав-

нение, дающее скорость изменения числа систем, заключенных внутри определенных малых границ конфигурации и скорости.

Такие исследования Максвелл называл *статистическими*. Они принадлежат к отрасли механики, обязанной своим происхождением стремлению объяснить законы термодинамики, исходя из механических принципов, и основанной, главным образом, Клаузиусом, Максвеллом и Больцманом. Первые исследования в этой области были в действительности несколько уже, чем описано выше, ибо они применялись скорее к частицам системы, чем к независимым системам. В дальнейшем статистические исследования были распространены на фазы (или состояния по конфигурации и скорости), сменяющие одна другую в данной системе с течением времени. Явное рассмотрение большого числа систем, их распределения по фазам и постоянства или изменения этого распределения с течением времени впервые встречается, вероятно, в статье Больцмана «О связи между теоремой об отношении теплоемкости многоатомных молекул газа и принципом последнего множителя Якоби» (1871).

Но, несмотря на то, что статистическая механика исторически обязана своим возникновением исследованиям в области термодинамики, она, очевидно, в высокой мере заслуживает независимого развития как в силу элегантности и простоты ее принципов, так и потому, что она приводит к новым результатам и проливает новый свет на старые истины в областях, совершенно чуждых термодинамике. Кроме того, самостоятельное построение этой отрасли механики, по-видимому, предоставляет наилучшую основу для изучения рациональной термодинамики и молекулярной механики.

Законы термодинамики, определенные эмпирически, выражают приблизительное и вероятное поведение систем, состоящих из большого числа частиц или, точнее, они выражают законы механики подобных систем так, как они представляются существам, не обладающим достаточной тонкостью восприятия для того, чтобы оценивать величины порядка тех, которые относятся к отдельным частицам, и не могущим повторять свои опыты настолько часто, чтобы получить какие бы то ни было результаты, кроме наиболее вероятных. Законы статистической механики применимы к консервативным системам с любым числом степеней свободы и являются точными. Это не значит, что эти законы труднее установить, нежели приближенные законы для систем с очень большим числом степеней свободы или для специальных классов таких систем. Скорее верно обратное, так как наше внимание не отвлекается от того, что существенно обусловлено особенностями рассматриваемой системы, и мы не можем удовлетвориться предположением, что эффект величин и обстоятельств, которыми мы пренебрегли, в полученном результате можно будет также не принимать во внимание. Законы термодинамики легко могут быть получены из принципов статистической механики, неполным выражением которых они являются, но сами они являются, пожалуй, несколько слепым проводником в наших поисках этих законов. В этом, вероятно, глав-

ная причина медленности развития рациональной термодинамики, контрастирующей с быстрым выводом следствий из ее эмпирических законов. К этому необходимо прибавить, что рациональная основа термодинамики относилась к отрасли механики, основные понятия, принципы и характерные операции которой были равно непривычны исследователям, работавшим в области механики.

Мы можем, следовательно, быть достаточно уверенными, что ничто так не способствует ясному пониманию связи термодинамики с рациональной механикой и истолкованию наблюдаемых явлений с точки зрения молекулярного строения тел, как изучение основных понятий и принципов того отдела механики, которому термодинамика особенно родственна.

Более того, мы избегаем серьезных затруднений, когда, отказываясь от попытки очертить гипотезу о строении материальных тел, мы пользуемся статистическими исследованиями как отраслью рациональной механики. В настоящей стадии развития науки едва ли возможно дать динамическую теорию молекулярного действия, охватывающую явления термодинамики, излучения и электрические явления, сопутствующие соединению атомов. Однако всякая теория, которая не принимает во внимание всех этих явлений, очевидно, является неполноценной. Даже если мы ограничим наше внимание явно термодинамическими явлениями, мы не избегнем затруднений в таком простом вопросе, как число степеней свободы двухатомного газа. Хорошо известно, что, хотя теория приписывает каждой молекуле газа шесть степеней свободы, наши опыты с теплоемкостью приводят к учету не более чем пяти степеней. Конечно, тот, кто основывает свою работу на гипотезах, касающихся строения материи, стоит на ненадежном фундаменте.

Затруднения этого рода удержали автора от попыток объяснения тайн природы и заставили его удовлетвориться более скромной задачей вывода некоторых более очевидных положений, относящихся к статистической отрасли механики. При этом здесь уже не может быть ошибки с точки зрения согласия гипотез с фактами природы, ибо в этом отношении ничего и не предполагается. Единственной ошибкой, в которую можно впасть, является недостаточное согласие между предпосылками и выводами, а этого, при некоторой осторожности, можно надеяться в основном избежать.

Предметом настоящей книги являются в значительной мере результаты, полученные упомянутыми выше исследователями, хотя точка зрения и расположение материала могут быть отличными. Эти результаты, предлагаемые нами читателю один за другим в порядке их открытия, в их первоначальном изложении по необходимости не были расположены наиболее логичным образом.

В первой главе мы рассматриваем упомянутую уже общую проблему и находим соотношение, которое может быть названо основным уравнением статистической механики. Частный случай этого уравнения дает условие статистического равновесия, т. е. условие, которому должно удовлетворять

распределение систем по фазам для того, чтобы распределение было постоянным. В общем случае основное уравнение допускает интегрирование, в результате которого мы получаем принцип, который, в зависимости от точки зрения, с какой он рассматривается, можно выражать различно — как принцип сохранения фазовой плотности, фазового объема или вероятности фазы.

Во второй главе мы применяем этот принцип сохранения вероятности фазы к теории ошибок вычисленных фаз системы, когда определение произвольных постоянных интегралов уравнения является сомнительным. В этом приложении мы не выходим из пределов обычных приближений. Другими словами, мы сочетаем принцип сохранения вероятности фазы, являющийся точным, с теми приближенными соотношениями, которые обычно принимаются в «теории ошибок».

В третьей главе мы применяем принцип сохранения фазового объема к интегрированию дифференциальных уравнений движения. Таким образом, как показал Больцман, мы получаем «последний множитель» Якоби.

В четвертой и последующих главах мы возвращаемся к рассмотрению статистического равновесия и сосредотачиваем наше внимание на консервативных системах. Мы рассматриваем в особенности ансамбли систем, в которых показатель (или логарифм) вероятности фазы является линейной функцией энергии. Это распределение, благодаря его особенному значению в теории статистического равновесия, я решился назвать *каноническим,* а делитель энергии — *модулем* распределения. Модули ансамблей имеют свойства, аналогичные температуре, в силу того, что равенство модулей является условием равновесия по отношению к обмену энергии, когда такой обмен является возможным.

Мы находим дифференциальное уравнение, относящееся к средним значениям по ансамблю и идентичное по форме с основным дифференциальным уравнением термодинамики, причем средний показатель вероятности фазы с обратным знаком соответствует энтропии и модуль — температуре.

Для среднего квадрата флюктуаций энергии мы находим выражение, исчезающе малое по сравнению с квадратом средней энергии, когда число степеней свободы неопределенно возрастает. Ансамбль систем, в котором число степеней свободы того же порядка, что и число молекул в телах, с которыми мы экспериментируем, при каноническом распределении покажется человеческому наблюдению ансамблем систем, обладающих одинаковой энергией.

При дальнейшем развитии темы мы встречаемся и с другими величинами, которые при очень большом числе степеней свободы в основном совпадают с модулем и с средним показателем вероятности канонического ансамбля, взятым с обратным знаком, и которые, следовательно, также можно считать соответствующими температуре и энтропии. Однако, если число степеней свободы не очень велико, то соответствие является неполным и введение этих величин не имеет никаких оснований кроме того, что

они могут считаться более простыми по определению, нежели величины, упомянутые выше. В главе XIV это исследование термодинамических аналогий развивается несколько подробнее.

Наконец, в главе XV предыдущие результаты подвергаются некоторому видоизменению, необходимому, когда мы рассматриваем системы, состоящие из совершенно подобных частиц или даже из частиц нескольких родов, если только все частицы каждого рода совершенно подобны друг другу, и когда одним из подлежащих рассмотрению изменений является изменение чисел частиц различных родов, содержащихся в системе. Это предположение естественно было бы ввести раньше, если бы нашей целью являлось просто выражение законов природы. Нам показалось, однако, желательным четко отделить чисто термодинамические законы от тех их специальных модификаций, которые относятся скорее к теории свойств вещества.

Нью-Хэйвен.
Декабрь 1901 г.

V. ХИМИЯ



ЛАВУАЗЬЕ

(1743—1794)

Антуан Лоран Лавуазье родился в семье прокурора Парижского парламента. Будущий химик учился в колледже Мазарини, а затем в Сорбонне; он окончил университет по юридическому отделению, изучая одновременно и естественные науки. Три года Лавуазье участвовал в работах по составлению геологической карты Франции. За изыскание наилучшего способа освещения улиц Парижа Лавуазье получил золотую медаль Академии и двадцати пяти лет избирается адъюнктом, затем полным ее членом, а с 1785 г. становится секретарем Академии. В 1775 г. Лавуазье был назначен директором Управления порохов и селитр; под его началом производство боеприпасов было увеличено во много раз, стандартизовано и улучшено качество пороха.

Лавуазье был женат на Марии Анне Пьеретт Польз — женщине большого ума и обаяния, помогавшей ему в научной работе, которая была также радушной хозяйкой известного дома Лавуазье в Арсенале, где собирались друзья ученого. Вместе со своим тестем Лавуазье стал генеральным откупщиком — членом компании финансистов, которые брали на откуп государственные налоги. Он приобрел громадное состояние, значительная часть которого была потрачена на создание великолепной лаборатории.

Помимо химии, Лавуазье интересовался вопросами рационального ведения сельского хозяйства, образования, тюремной реформой.

В период якобинской диктатуры Лавуазье вместе с 27 другими откупщиками был арестован. Он был приговорен трибуналом к смертной казни и через три дня, 8 мая 1794 года, гильотинирован, несмотря на все попытки жены и влиятельных друзей спасти ученого. Лагранж, присутствовавший на казни своего друга, заметил: «В один момент мы лишились головы, и пройдет быть может еще сто лет, пока появится еще такая...». При вынесении приговора судья, движимый, по-видимому, еще и чувством личной мести, заявил, что «Республика не нуждается в ученых, и правосудие должно идти своим чередом». Однако история показывает, какое видное место заняла наука в революционную эпоху, когда крупнейшие ученые того времени были привлечены к государственным делам Франции.

Работам Лавуазье непосредственно предшествовало открытие кислорода шведским химиком Шееле и исследование процессов окисления английским химиком и философом Пристли. Однако именно Лавуазье обобщил все имевшиеся тогда опытные данные, впервые поставил химию на научную основу количественных весовых измерений, уточнил ее понятия, в первую очередь понятие элемента.

Мы приводим обширное введение к «Начальному учебнику химии» (1789) — итоговому сочинению Лавуазье, к которому была приложена таблица 33 простых тел, тогда известных.

НАЧАЛЬНЫЙ УЧЕБНИК ХИМИИ

Предварительное рассуждение

Предпринимая настоящий труд, я не имел иной цели, как развить подробнее доклад, сделанный мной на публичном заседании Академии наук в апреле 1787 г. «О необходимости преобразовать и усовершенствовать химическую номенклатуру».

Занимаясь этой работой, я еще лучше, чем ранее, почувствовал очевидность положений, принятых аббатом Кондильяком в его «Логике» и некоторых других его трудах. В них он устанавливает, что *мы мыслим лишь с помощью слов; что языки являются настоящими аналитическими методами; что алгебра, будучи из всех способов выражать мысль наиболее простым, наиболее точным и лучше всего приспособленным к своему объекту, есть одновременно и язык, и аналитический метод; наконец, что искусство рассуждать сводится к хорошо построенному языку.* И действительно, между тем как я полагал, что занимаюсь только номенклатурой и моей единственной целью было усовершенствование химического языка, мой труд, помимо моей воли, незаметно для меня превратился в моих руках в начальный учебник химии.

Невозможность отделить номенклатуру от науки и науку от номенклатуры объясняется тем, что каждая физическая наука необходимо состоит: из ряда фактов, образующих науку, представлений, их вызывающих, и слов, их выражающих. Слово должно рождать представление, представление должно изображать факт, это три оттиска одной и той же печати. И так как слова сохраняют и передают представления, то из этого следует, что нельзя ни усовершенствовать язык без усовершенствования науки, ни науку без усовершенствования языка и что как бы ни были достоверны факты, как бы ни были правильны представления, вызванные последними, они будут выражать лишь ошибочные представления, если у нас не будет точных выражений для их передачи.

Первая часть этого учебника дает тем, кто пожелает над ним подумать, многие доказательства справедливости этих истин; но так как мне пришлось следовать в нем порядку, существенно отличающемуся от принятого до настоящего времени во всех трудах по химии, я должен разъяснить обстоятельства, побудившие меня к этому.

Совершенно очевидно положение, общность которого хорошо признана как в математике, так и в других науках, что мы можем приобретать знания, только идя от известного к неизвестному. В раннем детстве наши представления вытекают из потребностей; ощущение наших потребностей вызывает представление о предметах, могущих их удовлетворить, и незаметно, путем ряда ощущений, наблюдений и анализов образуется последовательность тесно связанных друг с другом понятий, в которой внимательный наблюдатель может найти связующую нить и которые составляют совокупность наших знаний.

Начиная впервые изучать какую-либо науку, мы находимся по отношению к ней в положении, очень близком к положению ребенка, и дорога, по которой нам приходится следовать, совершенно та же, по которой идет природа, создавая его представления. Как у ребенка представление является следствием ощущения, как ощущение рождает представление, так и у того, кто начинает заниматься изучением физических наук, понятия должны быть лишь выводами, прямыми следствиями опыта или наблюдения.

Да будет мне позволено добавить, что вступающий на поприще наук находится даже в менее выгодном положении, чем ребенок, который приобретает свои первые представления; если ребенок ошибся в полезности или вредности окружающих его предметов, то природа дает ему множество средств для исправления своей ошибки. Каждое мгновение вынесенное им суждение оказывается поправленным опытом. Лишения или боль следуют за ложным умозаключением, радость или удовольствие — за правильным. При таких учителях человек быстро делается последовательным и скоро приучается правильно рассуждать, так как нельзя рассуждать иначе, под страхом лишения или страдания.

Не так обстоит дело при изучении и в практике наук; ошибочные суждения, делаемые нами, не затрагивают ни нашего существования, ни

нашего благополучия; никакой физический интерес не принуждает нас исправлять их; наоборот, воображение постоянно увлекает нас за пределы истины; самолюбие и вызываемая им самоуверенность побуждают нас делать выводы, не вытекающие непосредственно из фактов. Таким образом, мы как бы заинтересованы в том, чтобы себя обманывать. Поэтому неудивительно, что в физических науках часто предполагают, вместо того чтобы делать заключения; что предположения, передаваемые из поколения в поколение, приобретают все большее значение благодаря авторитету тех, кто к ним присоединился, и что, в конце концов, их принимают и считают основными истинами даже очень здравые умы.

Единственное средство избежать этих заблуждений состоит в том, чтобы устранить или, по крайней мере, упростить насколько возможно рассуждение, которое субъективно и которое одно может нас ввести в ошибку; подвергать его постоянной проверке опытом; придерживаться только фактов, которые, будучи даны природой, не могут нас обмануть; искать истину только в естественной связи опытов и наблюдений, подобно тому как математики приходят к решению задачи путем простого сопоставления данных, сводя рассуждения к настолько простым действиям и кратким суждениям, что они никогда не теряют очевидности, служащей им путеводителем.

Будучи убежденным в этих истинах, я поставил себе законом всегда следовать от известного к неизвестному, не делать никаких выводов, которые не вытекали бы непосредственно из опытов и наблюдений, и сопоставлять химические факты и истины в таком порядке, который наиболее облегчает их понимание начинающим. Следуя этому плану, я не мог не уклониться от общепринятых путей. И действительно, все курсы и учебники химии имеют тот общий недостаток, что с первых же шагов предполагается обладание теми сведениями, которые учащийся или читатель должны приобрести лишь на последующих уроках. Почти во всех этих курсах начинают с рассуждений о началах тел, с объяснения таблицы сродства, не замечая, что с первого же дня приходиться делать обзор главнейших химических явлений, пользоваться выражениями, значение которых не было точно определено, и предполагать, что знание уже приобретено теми, которым лишь собираются его преподавать. Поэтому общеизвестно, что в задачу начального курса химии входит научить лишь очень немногому, что едва хватает целого года, чтобы приучить ухо к языку, глаза к приборам, и что немыслимо подготовить химика меньше чем в 3 или 4 года.

Эти неудобства зависят не столько от существа дела, сколько от системы преподавания, и это побудило меня дать химии такое направление, которое, как мне кажется, более соответствует природе. Я не скрывал от себя, что желая избежать одних затруднений, я встретился с другими и что мне не удалось все их преодолеть; но думаю, что оставшиеся связаны не с принятым мной порядком изложения, но скорее вытекают из того несовершенного состояния, в котором еще находится хи-

мия. В этой науке еще имеется много пробелов, нарушающих непрерывность цепи фактов и требующих затруднительных и нелегких согласований. Она не имеет преимущества, как элементарная геометрия, быть совершенной наукой, все части которой тесно связаны между собой, но в то же время ее современное развитие так стремительно, факты так удачно располагаются в современной теории, что мы можем надеяться даже в наши дни увидеть значительное ее приближение к той степени совершенства, какой она способна достичь.

Этот строгий закон, от которого я не должен был уклоняться,— не делать никаких заключений сверх того, что дает опыт, и никогда не восполнять спешными заключениями молчания фактов, — не позволил мне включить в настоящий труд ту часть химии, которая наиболее способна стать со временем точной наукой, а именно ту, которая трактует о химическом сродстве или изобретательных притяжениях.

Жоффруа, Геллерт, Бергман, Шееле, Морво, Кирван и многие другие собрали уже множество частных фактов, ожидающих соответствующего им места; но главнейших данных не хватает и даже те, которые имеются, пока еще ни достаточно точны, ни достаточно достоверны, чтобы стать фундаментом для столь важной части химии.

Учение о сродстве находится в таком же отношении к обычной химии, в каком трансцендентная геометрия к геометрии элементарной, и я не счел нужным усложнять столь большими трудностями простые и легкие основы, которые, надеюсь, будут доступны весьма большому числу читателей.

Возможно, что известная доля самолюбия, в которой я сам не мог отдать себе отчета, повлияла на меня в этом смысле. Г. де Морво в настоящее время печатает в «Методической энциклопедии» статью «Сродство» и у меня достаточно оснований опасаться соперничать с ним.

Отсутствие в начальном курсе химии главы о составных и элементарных частях тел неминуемо вызовет удивление, но я позволю себе здесь заметить, что стремление считать все тела природы состоящими лишь из трех или четырех элементов происходит от предрассудка, пришедшего к нам от греческих философов. Предположение о четырех элементах, которые в разнообразных отношениях составляют все известные нам тела, — чистая гипотеза, созданная воображением задолго до того, как появились первые понятия экспериментальной физики и химии. Еще не было фактов, а уже создавались системы; теперь же, когда факты собраны, кажется, будто мы стараемся их отвергнуть, когда они не согласуются с нашими предвзятыми мнениями, — настолько еще дает себя знать авторитет отцов человеческой философии, который, несомненно, будет тяготеть и над грядущими поколениями.

Весьма примечательно, что среди проповедующих теорию четырех элементов нет ни одного химика, который в силу вещей не должен был признать большее число их. Первые химики, писавшие начиная с эпохи Возрождения, рассматривали серу и соль как простые вещества, вхо-

дящие в состав большого числа тел, и признавали, таким образом, существование шести элементов вместо четырех. Бехер допускал три земли, от сочетания которых в различных отношениях, по его мнению, происходит различие, существующее между металлами. Шталь изменил эту систему; все химики, следовавшие за ним, позволяли себе вносить в нее изменения и даже выдумывать новые системы. Но все они, подчиняясь духу своего времени, довольствовались утверждениями без доказательств или же часто считали таковыми мало обоснованные предположения.

Все, что можно сказать о числе и природе элементов, по моему мнению, сводится к чисто метафизическим спорам; это неопределенные задачи, допускающие бесчисленное множество решений, из которых, по всей вероятности, ни одно, в частности, не согласуется с природой. Итак, я скажу лишь, что если элементами называть простые и неделимые молекулы, составляющие тела, то, вероятно, мы их не знаем; если же, напротив, мы свяжем с названием элементов или начал тел представление о последнем пределе, достигаемом анализом, то все вещества, которые мы еще не смогли никаким способом разложить, являются для нас элементами; но не потому, что мы могли бы утверждать, что эти тела, рассматриваемые нами как простые, не состоят из двух или даже большего числа начал, но так как эти начала никак друг от друга не отделяются или, вернее, потому, что мы не имеем никаких средств их разделить, эти тела ведут себя, с нашей точки зрения, как простые, и мы не должны считать их сложными до тех пор, пока опыт или наблюдения не покажут нам этого.

Эти соображения о ходе представлений, естественно, относятся и к выбору слов, которые должны их выражать. Руководствуясь работой, проделанной мною совместно с Морво, Бертолле и Фуркруа в 1787 г. по химической номенклатуре, я обозначил, насколько было возможным, простыми словами простые вещества, и им-то прежде всего пришлось дать названия. Можно напомнить, что мы старались, по возможности, сохранить для всех этих веществ общепринятые названия; мы позволили себе изменить их лишь в двух случаях: во-первых, в отношении новооткрытых веществ, еще не получивших названий или получивших недавно названия, еще не признанные всеми; во-вторых, когда принятые названия, либо старинные, либо современные, по нашему мнению, могли вызвать явно неправильные представления, когда они давали возможность смешать вещество, ими обозначаемое, с другими веществами, обладающими другими или противоположными свойствами. В этих случаях мы, не задумываясь, давали им новые названия, заимствуя их главным образом из греческого языка. Мы давали названия так, чтобы они выражали наиболее общие, наиболее характерные свойства вещества; мы нашли в этом способ помочь памяти начинающих, которые с трудом запоминают новое слово, когда оно совершенно лишено смысла, и приучить их с самого начала не пользоваться словами, с которыми не было бы связано определенное представление.

Что касается тел, образованных путем соединения нескольких простых

веществ, то мы их обозначили названиями, сложными, как и сами вещества. Но так как число бинарных соединений уже весьма значительно, то мы впали бы в беспорядок и путаницу, если бы не прибегли к установлению классов. Название классов и родов в естественной классификации понятий выражает свойство, общее большому числу индивидов. Название же вида, напротив, указывает на частные свойства, присущие исключительно данной группе индивидов.

Эти различия созданы не одной только метафизикой, как можно было бы думать, они созданы самой природой. Ребенок, говорит Кондильяк, называет словом «дерево» первое дерево, которое мы ему показываем. Второе дерево, которое он видит потом, вызывает у него то же представление, и он дает ему то же название, равно как и третьему и четвертому. Итак, слово «дерево», данное сперва одному индивиду, становится для него названием класса или рода, абстрактным понятием, которое охватывает все деревья вообще. Но когда мы обратим его внимание на то, что не все деревья служат для одной и той же цели, что не все они приносят одинаковые плоды, он скоро научится их различать особыми частными названиями. Эта логика одинакова для всех наук; естественно, она приложима и к химии.

Кислоты, например, состоят из двух веществ, из числа тех, которые мы считаем простыми: одного, которое определяет кислотность и которое обще им всем, — от этого вещества должно быть произведено название класса или рода; другого, которое свойственно каждой кислоте в отдельности, которое отличает одну от другой,— от него и должно происходить видовое название. Но в большинстве кислот оба составляющих начала, окисляющее и окисленное, могут находиться в различных отношениях, которые все отвечают точкам равновесия или насыщения, как это наблюдается в серной и сернистой кислотах; мы выразили эти оба состояния одной и той же кислоты, соответственно изменяя окончания видового названия.

Металлы, подвергнутые одновременному действию воздуха и огня, теряют свой металлический блеск, увеличиваются в весе и принимают землистый вид; в этом состоянии они, как и кислоты, содержат одно начало, общее всем, и другое — частное, свойственное каждому. Мы должны были поместить их все в один класс под родовым названием, произведенным от их общего начала. Таким названием мы избрали слово «окись», затем мы разграничили их друг от друга, придав каждой название металла, от которого она произошла.

Горючие вещества, которые в кислотах и металлических окислах являются видовыми и частными началами, могут быть в свою очередь началами, общими для многих веществ. Сернистые соединения были долго единственными известными из этой категории; в настоящее время из опытов Вандермонда, Монжа и Бертолле известно, что уголь соединяется с железом и, быть может, со многими другими металлами, что от этого, в зависимости от количества, получается сталь, графит и т. п. Известно

также из опытов Пельтье, что фосфор соединяется со многими металлами. Мы собрали и эти различные соединения под родовыми названиями, произведенными от названия общего им вещества, с окончанием, напоминающим эту аналогию, и дали им видовое название, производное от входящего в них основного вещества.

Номенклатура соединений, состоящих из трех простых веществ, представляла несколько больше затруднений, вследствие числа составляющих, и особенно потому, что нельзя выразить природу составляющих их начал, не употребляя более сложных названий. В телах этого класса, как, например, в нейтральных солях, нам приходилось принимать во внимание: 1) окисляющее начало, общее для их всех; 2) окисляемое начало, характеризующее входящую в них кислоту; 3) основание соли, землистое или металлическое, определяющее частный вид соли. Мы заимствовали название каждого класса солей от названия окисляемого начала, общего для всех индивидов данного класса; затем мы отличили каждый вид названием землистого или металлического основания соли, которое для него характерно.

Соль, хотя и состоящая из трех одинаковых начал, может встречаться, однако, в совершенно различных видах, вследствие только одного различия в их пропорциях. Принятая нами номенклатура была бы несовершенна, если бы не выражала этих различных состояний, и мы достигли этого главным образом посредством изменения окончаний, которые мы сделали однообразными для одинаковых состояний различных солей. Наконец, мы пришли к тому, что по одному слову узнаем сразу, какое горючее вещество входит в соединение, о котором говорится; входит ли это горючее вещество в соединение с окисляющим элементом и в какой пропорции; в какой именно форме входит данная кислота, с какими основаниями она соединена; имеем ли мы вполне насыщенное соединение; что имеется в избытке — кислота или основание.

Понятно, что было невозможно удовлетворить этим различным требованиям, не затрагивая порой принятых обычаев и не принимая наименований, казавшихся с первого взгляда грубыми и варварскими; но мы наблюдали, что ухо скоро привыкает к новым словам, особенно когда они связаны с общей рациональной системой. Сверх того, названия, применявшиеся до нас, как альгаротов порошок, алембротова соль, помфоликс, фагеденическая вода, минеральный турпет, колькотар и многие другие, не менее грубы, не менее необыкновенны. Надо обладать навыком и хорошей памятью, чтобы запомнить названия, которыми обозначаются некоторые вещества, и особенно знать, к какому роду соединений они относятся. Такие названия, как масло виннокаменное через осырение, купоросное масло, мышьяковое масло, сурьмяное масло, цинковые цветы и т. д., еще более ошибочны, как порождающие неправильные понятия, так как, собственно говоря, в царстве минералов, а особенно в царстве металлов, не существует ни масел, ни цветов, тем более, что вещества, которые обозначаются этими обманчивыми названиями, являются сильными ядами.

Когда мы опубликовали наш «Опыт химической номенклатуры», нас упрекали в том, что мы изменяем язык, на котором говорили наши учителя, создавшие ему славу и оставившие его нам в наследство. Но упрекавшие нас забыли, что именно Бергман и Маке требовали этой реформы. Упсальский ученый, профессор Бергман писал Морво в последний период своей жизни: «*Не щадите ни одного неправильного наименования; знающие поймут всегда, незнающие поймут тем скорее*».

Пожалуй, было больше оснований упрекать меня в том, что я не дал в сочинении, предлагаемом публике, исторического обзора взглядов моих предшественников, что я изложил только свои воззрения, не обсуждая чужих. Из этого заключили, что я не всегда воздавал своим собратьям по науке, а еще менее иностранным химикам, должную оценку, которая, однако, всегда входила в мои намерения. Но прошу читателя принять во внимание, что если начальный учебник загромождать цитатами, если заниматься в нем длинными рассуждениями об истории науки и о работах тех, кто ее преподавал, то можно потерять из виду истинную поставленную себе цель и создать книгу, чтение которой будет бесконечно скучным для начинающих. Из начального курса не следует делать ни истории науки, ни истории человеческой мысли; в нем должно добиваться лишь доступности и ясности, в нем необходимо тщательно избегать всего, что могло бы отвлекать внимание. Это путь, который следует постоянно сглаживать, на котором не следует оставлять никаких препятствий, могущих причинить малейшую задержку. Науки сами по себе уже представляют достаточно трудностей, даже если не вносить в них ничего постороннего. Химики, впрочем, легко увидят, что в первой части я пользовался почти только своими собственными опытами. Если местами и может случиться, что я привожу, не указывая источника, опыты или взгляды Бертолле, Фуркруа, Лапласа, Монжа и вообще тех, кто принял те же принципы, что и я, то это следствие нашего общения, взаимного обмена мыслями, наблюдениями, взглядами, благодаря чему у нас установилась известная общность воззрений, при которой нам часто самим трудно было разобраться, кому что собственно принадлежит.

Все сказанное выше о порядке, которому я старался следовать в расположении доказательств и понятий, относится лишь к первой части настоящего труда; в ней одной заключается вся применяемая мною теория; ей одной я стремился придать возможно более простую форму.

Вторая часть состоит главным образом из таблиц названий нейтральных солей. Я приложил к ним лишь самые краткие объяснения, имеющие целью ознакомить с простейшими способами получения различных видов известных кислот; в этой второй части нет ничего, что принадлежало бы лично мне; она содержит лишь весьма сжатую сводку выводов, извлеченных из разных сочинений.

Наконец, в третьей части я дал подробное описание всех относящихся к современной химии примеров. Появление подобного рода труда, кажется, давно считалось желательным, и я думаю, что он принесет извест-

ную пользу. В общем приемы химических опытов, а в особенности опытов современных, распространены далеко не достаточно, и, может быть, если бы в различных мемуарах, представленных мною Академии, я больше распространялся о подробностях своих опытов, я бы, пожалуй, легче был понят, и это ускорило бы прогресс науки. Порядок изложения в этой третьей части казался мне произвольным, и я стремился лишь в каждой из составляющих ее восьми глав классифицировать операции, наиболее сходные между собой. Легко заметить, что эта третья часть не могла быть заимствована из каких-либо сочинений и что в основных ее разделах мне мог помочь только мой собственный опыт.

Я закончу настоящее предварительное рассуждение, приведя дословно несколько мест из сочинения Кондильяка, которые, мне кажется, весьма верно обрисовывают состояние химии в очень близкое к нашему время (ч. II, гл. I). Эти отрывки, написанные не для данного случая, приобретут еще больше значения, если их приложение покажется здесь уместным.

«Вместо того, чтобы наблюдать вещи, которые мы желаем познать, мы предпочли их воображать. Идя от одного ложного предположения к другому, мы заблудились среди множества ошибок, когда же эти ошибки превратились в предрассудки, мы их приняли за основные положения; таким образом, мы все больше и больше сбивались с правильного пути. В конце концов мы стали рассуждать не иначе, как на основе приобретенных нами дурных привычек. Умение злоупотреблять словами, не понимая как следует их смысла, считалось нами искусством рассуждать. Когда ошибки накопились в таком множестве, есть только одно средство восстановить порядок в нашей способности мыслить: забыть все, чему мы научились, начать наши мысли с их зарождения, проследить их происхождение и переделать, как говорит Бэкон, человеческий интеллект.

Это средство тем труднее применить, чем образованнее считают себя люди. А потому сочинения, в которых наука излагается с особенной ясностью, точностью и последовательностью, будут доступны не всем. Те, кто ничему не научился, поймут их, пожалуй, лучше, чем те, кто учился многому, а тем более те, кто писал много ученых сочинений».

Кондильяк прибавляет в конце V главы:

«В конце концов, однако, науки сделали успехи, так как философы стали лучше наблюдать и внесли в свой язык ту же точность и тщательность, как и в свои наблюдения; они исправили язык и стали лучше рассуждать».



ДАЛЬТОН

(1766—1844)

Джон Дальтон родился в Иглсфилде, в Англии. Джон был третьим из шести детей в семье бедного ткача. Он воспитывался в среде квакеров и среди них встретил своего учителя Робинсона, опытного метеоролога и экспериментатора. С двенадцати лет Дальтон уже сам преподавал в местной школе, а в девятнадцать лет он стал ею заведовать. В 1793 г. Дальтона пригласили преподавать в Академию (Колледж) в Манчестере. Однако в дальнейшем он отказался от преподавания в Колледже и стал давать частные уроки, посвящая все остальное время научным исследованиям. В Манчестере Дальтон стал членом местного общества естествоиспытателей и за 50 лет он представил в это общество более 100 научных сообщений.

С юных лет Дальтон вел ежедневные наблюдения за погодой. Анализ физических и химических результатов метеорологических наблюдений привел его к понятию об аддитивности парциальных давлений смеси газов — впоследствии эта связь была названа законом Дальтона. Вполне возможно, что исследования газов привели Дальтона к концепциям атомной теории и ее основному выводу о том, что атомы элементов различаются своим весом. Атомная теория Дальтона позволила объяснить целочисленные отношения весов, в которых элементы вступают в химические соедине-

ния. Эта гипотеза, объясняющая громадное количество опытных данных, была основным и главным научным достижением Дальтона и принесла ему широкое признание, хотя вначале, в частности во время доклада в Лондоне, его работы встретили резкую оппозицию со стороны знаменитого и не менее влиятельного сэра Гемфри Дэви; этим объясняется то, что его работа не была своевременно опубликована. Впоследствии лондонское Королевское общество и Парижская Академия наук избрали Дальтона своим членом. Умер Дальтон в Манчестере, где его хоронили как своего самого выдающегося гражданина.

Мы приводим предисловие к I и II томам основного сочинения Дальтона «Новая система химической философии» (1808—1810).

НОВАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКОЙ ФИЛОСОФИИ

Предисловие к I тому

Первоначально, направляя в печать свой труд, автор предполагал представить его в одном томе. Однако теперь он вынужден издать его в двух частях, по причинам, которые было бы целесообразно объяснить.

Различные сообщения автора, главным образом о тепле и упругих жидкостях, докладывались Литературному и Философскому обществам в Манчестере и были опубликованы в 5-м томе Мемуаров обществ в 1802 г. Новые воззрения, которые развивались в этих сообщениях, были оценены как любопытные и существенные. Эти статьи были затем перепечатаны в ряде научных журналов. Вскоре они были переведены на французский и немецкий и получили распространение в иностранных изданиях. Автор, однако, не прекращал свои исследования и ему существенно помогло приложение принципов, содержащихся в упомянутых сообщениях. В 1803 г. он постепенно пришел к тем первичным законам, которые относятся к теплу и химической связи, описание и изложение которых составляет цель настоящего труда. Их краткий очерк был впервые обнародован следующей зимой в курсе лекций по натуральной философии, читанном в Королевском институте в Лондоне, где он и был оставлен для публикации в трудах этого Института; однако о публикации автору не было сообщено. С тех пор в ряде случаев ученые — друзья автора настаивали на том, чтобы не упускать времени в обнародовании результатов исследований, указывая, что интересы науки и репутация автора могут пострадать от такой задержки. Весной 1807 г. его убедили представить предлагаемые принципы в курсе лекций, которые дважды читались в Эдинбурге и один раз в Глазго. В этих случаях ему оказали честь своим вниманием лица, которые общепризнаны за свои первостепен-

ные научные заслуги. Большинство из них выразили желание увидеть представленное учение в настоящем виде и так скоро, как это будет удобно. По возвращении в Манчестер автор начал готовить свой труд к печати. Некоторые опыты требовали повторения. Новые нужно было еще сделать; почти вся система должна была быть изложена как по форме, так и по существу заново, и это потребовало большого времени для ее написания и составления. Эти обстоятельства вместе с повседневными должностными обязанностями задержали работу почти на год и, судя по опыту прошлого, потребуется еще год, чтобы ее завершить. В то же время, поскольку учение о тепле и общих принципах химического состава уже мало зависят от дальнейших подробностей исследований, ничто не препятствует автору и не составит неудобств для его читателей, если представить на их суд то, что уже написано.

Май 1808 г.

Предисловие ко II тому

Когда первая часть этого труда была опубликована, то я предполагал закончить его в течение года. Прошло же более двух с половиной лет и работа до сих пор не завершена. Причина заключается в том большом числе экспериментов, которые я полагал необходимым произвести. Столько раз во время своих исследований я был введен в заблуждение, принимая за истинные результаты других, что я решил позже не писать о том, что не проверил собственным опытом. Поэтому данный труд содержит больше оригинальных фактов и опытов, чем любое другое, сравнимое по объему сочинение по основам химии. Я вовсе не утверждаю, что я переписал содержание своих лабораторных дневников. Это было бы столь же неприемлемо, как писать без какого-либо предварительного наброска. Однако все те, кто знакомы с практической химией, знают, что лишь один из пяти новых опытов достоин опубликования. Остальные же по зрелому размышлению оказываются так или иначе несовершенными и польза от них заключена лишь в том, что они указывают на источники ошибок и пути их избежания.

Поскольку мой первоначальный замысел не мог быть осуществлен без написания второго тома, я решил пока закончить его пятой главой, в которой рассматриваются соединения двух элементов. Однако прошло столько времени и труд настолько разросся, что я вынужден был исключить два или три существенных раздела, посвященных окисям металлов и сульфидам, и которые, как мне ясно, потребуют не малую долю внимания. После них, в шестой главе, будут рассмотрены соединения трех и более элементов, включая соединения растительных и других, еще не упомянутых, кислот, а также гидросульфаты, нейтральные соли, горючие вещества и т. д. и т. п.

Каковы бы ни были мои попытки представить этот труд в законченном виде, путем прибавления еще одного тома, я чувствую в настоящее время глубокое удовлетворение от того, что смог так далеко развить теорию химического строения, относительно которой, чем дальше я о ней размышляю, тем больше я убеждаюсь в ее истинности. Достаточно сделано уже для того чтобы каждый мог вынести свое суждение. Неизвестны еще многим факты и наблюдения того же рода, как и те, которые предлагались ранее. Если же их убедительность недостаточна, то прибавление новых мало чему поможет. В то же время те, кто вместе со мной примут систему, найдут в ней, в чем я не сомневаюсь, исключительно полезные указания при проведении всех химических исследований.

В расположении рассмотренных вопросов я надеялся сохранить порядок. А именно, сначала рассматривать тела, которые, по нашим современным представлениям, считаются простыми. Далее рассматривались тела, являющиеся соединениями двух элементов. Это, однако, мне удалось не во всем. Действительно, в ряде случаев было не совсем ясно, что есть простое, а что есть составное тело. В других случаях, в соединениях трех и более элементов, которые тесно связаны с соединениями двух элементов, было по существу невозможно дать сколько-нибудь удовлетворительный отчет о их свойствах без того, чтобы не входить в описание первых.

В вопросах номенклатуры я в основном принял то, что общеупотребительно. Возможно, что в некоторых случаях мои собственные взгляды привели к нарушению этих правил. Так, карбонатами я назвал те соли, которые состоят из одного атома углекислотного остатка, присоединенного к одному основанию, а также другие соли. Однако некоторые современные авторы нейтральные соли называют карбонатами, а упомянутые выше — субкарбонатами, тогда как я называл бы нейтральные карбонаты натрия и калия суперкарбонатами, состоящими из двух атомов кислоты и одного основания. Я, однако, продолжаю называть обычные нитраты по-старому, хотя большинство из них следует, по моей системе, называть супернитратами. Тем не менее я не упорствую в этих вопросах, так как очевидно, что если система, которой я следую, будет принята, то за этим последует общий пересмотр номенклатуры, где основное указание будет дано как на число атомов, так и на название элементов, входящих в различные соединения.

Ноябрь 1810



БЕРЦЕЛИУС

(1779—1848)

Иёнс Якоб Берцелиус родился в Веверсунде (Швеция) в семье пастора, заведующего церковной школой. Он рано осиротел и воспитывался в небогатой семье своего дяди. В школе он учился посредственно. В 1796 г. Берцелиус начал изучать медицину и химию в Упсале, где работал в то время Шееле. Докторскую степень Берцелиус получил за исследования терапевтического действия (пренебрежимо малого!) гальванических токов. Затем он два года бесплатно работал в хирургической школе в Стокгольме; еще два года он работал врачом в больнице для бедных. Все это время он занимался химией. Вскоре он стал профессором медицины, а затем — профессором химии Хирургической школы в Стокгольме. В 1808 г. Берцелиус был выбран членом Шведской Академии наук; позднее он стал ее секретарем.

Раннее увлечение гальваническими явлениями сохранилось у Берцелиуса и в его занятиях химией; в замечательном «Очерке химических пропорций» (1819) он выдвинул свою электрохимическую теорию химических связей атомов, связав ее с атомистическими представлениями Дальтона. К 1818 г. он с большой точностью определил атомные веса 46 элементов из 49 тогда известных. Он и его сотрудники открыли селен, церий, торий, литий, ванадий и некоторые из редких земель, а барий, строн-

ций, калий, тантал, кремний и цирконий пми были впервые получены в свободном состоянии. Берцелиусу мы обязаны открытием явления катализа.

Берцелиусу принадлежат также многие результаты в области органической химии: он открыл изомерию, ввел понятие органического вещества и исследовал ряд органических соединений. Полагая, что для их образования необходима жизненная сила, он придерживался виталистических представлений; однако позднее его ученик Велер, синтезировав мочевину, опроверг точку зрения своего учителя. Несмотря на ряд заблуждений — так, Берцелиус не считал хлор элементом, на основании чего он поссорился с Деви и Дюма,— значение его трудов в развитии химии и его влияние было исключительно велико. Им систематически публиковались рефераты всех основных работ в области химии.

Во второй половине жизни он много сил уделял пропаганде науки. В области образования Берцелиус добился внесения естественных наук в школьные программы. Он активно боролся с лженаукой, со всевозможными шарлатанами. После знакомства с деятельностью некоего лжеврача Берцелиус писал: «Я покинул „храм здоровья“ и его бога с желанием когда-нибудь узнать, что профессор Вольфарт как преднамеренный обманщик и мошенник покончил свои дни на виселице на крепкой пеньковой веревке». Научные заслуги Берцелиуса были признаны избранием в 95 научных обществ мира. В 1835 г. ему был пожалован титул барона.

Мы приводим предисловие к французскому изданию 1833 г. «Учебника химии» Берцелиуса, основного и широко известного его сочинения.

УЧЕБНИК ХИМИИ

Нелегкую задачу представляет составление хорошего плана учебника химии для начинающих. В сочинениях такого рода нельзя как в учебниках строго придерживаться систематического порядка: идеи следует излагать так, чтобы эта наука была бы доступна пониманию и, кроме того, запечатлевалась бы в памяти читающего.

Чтобы всегда вести читателя от неизвестного к известному, некоторые авторы, прежде чем говорить о каком-либо веществе, описывают его. Однако такой метод не применим к химии, и те, кто следовал ему, не достигли убедительных результатов. Наше внимание лишь с трудом привлекают совершенно незнакомые нам предметы, и редко случается, чтобы нас привлекали вещи, не возбуждающие нашего любопытства. Те же предметы, которых мы время от времени касаемся по мере продвижения вперед в области науки и о которых мы получаем предварительное, хотя и несовершенное представление, заинтересовывают нас больше, когда позднее встречается их полное описание, чем предметы абсолютно для нас новые. Автору книги, которая должна служить руководством для начинающих, не менее важно, чем историку или литератору, пробудить

в сознании читателя любопытство, прежде чем его удовлетворить. Если же пользоваться этим приемом, то изучение предмета не вызовет утомления, тогда как при пренебрежении им то же занятие станет мучительной работой при постоянном умственном напряжении.

Принятый мною план не вполне систематичен. Я считал нужным отказаться от систематичности каждый раз, когда мне казалось, что, жертвуя ею, я сделаю изложение более доступным.

Есть два способа написания учебников химии.

Либо идут по пути отдельных монографических описаний простых тел, поскольку такой способ не влечет за собой никаких неудобств. Что же касается соединений, в которые может войти каждое из этих тел, то их располагают в любом заранее намеченном порядке с тем, чтобы не описывать одно и то же соединение дважды. На мой взгляд, в таком виде наука находит свое наипростейшее выражение и лучше всего усваивается.

Либо вначале рассматривают все простые тела, затем, в определенном порядке, каждое соединение этих простых тел между собой и затем комбинации этих различных соединений, чтобы переходить от простого к более сложному. На первый взгляд кажется, что этот способ лучше всего соответствует требованиям книги для начинающих. Его преимущество состоит главным образом в том, что он знакомит со всеми элементами, прежде чем обратиться к истории каждого соединения. При этом все соединения одного типа описываются вместе (например, тела, способные к горению в присутствии кислорода). Рассмотрению элементов этой группы можно, таким образом, предпослать описание общих характеристик окисляющихся тел. Рассмотрение общих свойств тел по отдельным группам придает этой книге характер учебника, и именно в этом заключается ее научная ценность.

С другой стороны, вступающим на путь науки необязательно знакомиться сразу же со всеми телами, которые наука вынуждена считать элементами. Многие из них встречаются весьма редко или представляют незначительный интерес; а чтобы понять характер поведения каждого из них в отдельности, требуются довольно значительные познания. Наоборот, другие элементы встречаются гораздо чаще. Многие соединения из них представляют собой прекрасные средства, которыми химия пользуется для получения новых соединений или демонстрации явления, а также для того, чтобы различить сложные соединения или создавать их. Именно с ними следует знакомиться в первую очередь. Воздух, вода и их компоненты, сера и фосфор и их кислоты, азотная кислота, хлор и его кислоты, щелочи и щелочные земли принадлежат к числу тех тел, с которыми следует знакомиться в первую очередь, и эти знания необходимы для каждого нового шага в этой области науки. Напротив, можно приобрести совершенно ясное и очень широкое представление о теоретической части этой науки, не зная ничего из того, что относится к двум третям металлов.

Второй способ изложения имеет то неудобство, что он слишком рассеивает факты. Действительно, часто факты, сопоставленные друг с другом, во многих случаях представляют большой интерес, чем если брать их каждый в отдельности. Поэтому размещение фактов с целью привлечения наибольшего к ним внимания является большим искусством. Так как при описании соединений, в которые входит один и тот же элемент, они постоянно бывают отделены друг от друга, то таблица, предназначенная для их объединения, становится одной из главных частей книги. Часто описание какого-нибудь тела прерывается именно в тот момент, когда оно становится наиболее увлекательным и возобновляется в другой, далеко отстоящей главе, в результате чего впечатление ослабляется. Кроме того, когда в книге, составленной по этому методу, читаешь, например, описание одного окисла за другим, то внимание рассеивается среди множества объектов, одинаково интересных, но не связанных между собой какой-либо основной идеей, вроде понятий о радикале, рассматриваемом во всех сочетаниях с различными элементами.

В расположении материала я пытался примирить преимущества этого метода с принципом, которому следует другой метод. После глав о свете, теплоте, электрических и магнитных силах, охватывающих области физики, без которых отныне невозможно изучать химию, я разделил эту науку на неорганическую и органическую. Два первых тома этого сочинения посвящены неорганической химии, которая в свою очередь подразделяется на два больших раздела — химию металлоидов и химию металлов.

Металлоиды — это вещества, которые чаще всего встречаются в природе и которые следует знать прежде всего. Эта часть тома содержит описание кислорода, водорода, азота, хлора, серы и т. д., а также их соединений друг с другом. Порядок изложения в этой части следующий: говоря о каждом из металлоидов, я указываю на все соединения, которые он может образовать с предыдущими. Но чтобы не упустить возможности развить общие теоретические воззрения, я выделяю отдельно окислы металлоидов и их кислотные соединения с водородом. Главы, посвященные атмосферному воздуху, воде, окислам и гидроокислам, дали мне возможность изложить общие идеи, чего я не мог бы сделать, если бы строго придерживался моего принципа классификации.

За металлоидами следуют металлы. Общий взгляд на эти вещества и на их соединения с металлоидами дал мне возможность сделать широкие обобщения об окислах и сульфидах, как солеобразующих основаниях, о фосфидах, карбидах и арсенидах металлов и т. д., а также о солях и тех теоретических идеях, которые относятся к этой части моего учения. Затем идут собственно металлы, начиная с тех, которые следует знать прежде всего, т. е. с радикалов щелочей и щелочных земель и их соединений с металлоидами. Я поместил аммоний и аммиак среди металлов, образующих щелочи, думая, что я не должен в этом оправдываться, даже если считать, что аммоний вовсе не является простым телом.

Дойдя до металлов, образующих окиси, я располагаю их в порядке снижения степени кислотности тех окисей, которые они образуют. Что касается тех металлов, которые дают солеобразующие основания, то они располагаются более или менее по степени силы оснований, образованных их окислами.

Соли составляют отдельную часть, и они классифицированы по своим основаниям. Я продолжаю располагать среди них поваренную соль, флюорит и серную печень и т. д. Я надеюсь, что мотивы, приводимые мною в пользу их сближения, будут признаны достаточно обоснованными.

До сих пор я редко, и то вскользь, говорил в моей книге о химических пропорциях. Кое-где я упоминал об электрохимической теории, не развивая ее. Эти два важных учения основаны на столь подтвержденных данных, что мне хотелось бы представить их в полном объеме только после того, как читатель будет достаточно хорошо знаком с простыми телами, с тем чтобы он мог сам составить свое суждение, а не брать все на веру. Поэтому я отложил полное изложение этих теорий до того, как будут исчерпаны все вопросы, входящие в неорганическую химию. Может быть придет время, когда гипотезы об атомных частицах и общее электрическое взаимодействие тел превратятся в прекрасно обоснованную теорию, и тогда химия станет на прочный путь, если ее изучение будет начинаться со знакомства с этой теорией. Этому бесспорно будет способствовать запоминание числа атомов, когда при описании тела будет указываться его атомное строение. Но это время еще не настало, о чем свидетельствуют расхождения во взглядах и методах, которым следуют не только для сравнения веса атомов, но и для определения их числа.

Каждый раз, когда было возможно, указаны относительные объемы, в которых простые тела (в газообразном состоянии) вступают в соединения; я это делал для того, чтобы подготовить читателя к тем подробностям, к которым я буду обращаться, говоря о атомном составе. Я считаю необходимым указывать количественный состав веществ (в числах) только при очень существенных обстоятельствах. Эти числа редко остаются в памяти, и их трудно находить в тексте. Поэтому я дал в алфавитном порядке в таблице, приложенной к этому сочинению, все относительные пропорции состава, которые в настоящее время известны достаточно надежно. Пока это единственный способ указать пропорции состава соединений. В этом я убедился, обнаружив, что в большинстве современных работ числа не только занимают большую часть книги, но даже претендуют на то, чтобы стать главным предметом, а вся остальная история тел рассматривается только как дополнение.

Третий том охватывает химию природных растительных соединений.

Четвертый том начинается с химии соединений животного происхождения, за чем следует указание к методам химического анализа. Там же, далее, находится алфавитный указатель всех технических терминов, включая названия приборов и процессов с описаниями и рисунками. Я полагаю, что начинающий изучать химию, читая книгу и встречая не очень

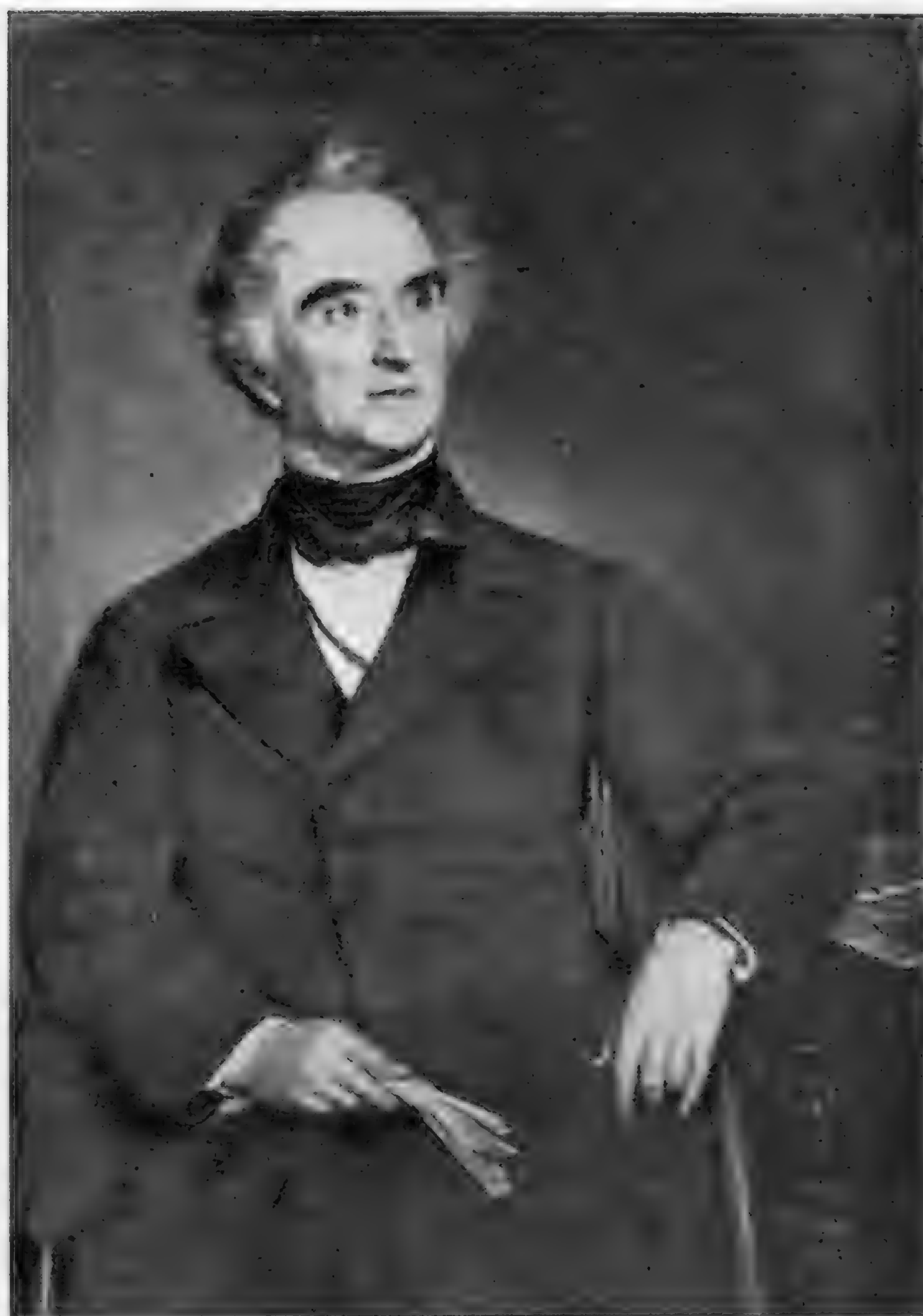
понятное слово, естественно, стремится его узнать либо у преподавателя, либо самостоятельно; поэтому небесполезно, чтобы книга имела нечто вроде словаря, по которому можно было бы справиться в отсутствие руководителя. Этот словарь содержит также описание общих процедур в химии, таких, как выпаривание, перегонка, фильтрация, взвешивание и прочее, с которых обычно начинались старые руководства. Независимо от тех материалов, которые я брал из многих источников, я вложил в них плоды своего опыта, приобретенного собственным трудом. Я надеюсь, что я привел достаточное число рецептов и ими смогут воспользоваться те, кто захочет заняться химией.

История науки, как бы интересна она ни была, не является, однако, существенной частью самой науки. Это заставило меня отказаться от нее в моей книге. Однако я указываю на превратности судьбы замечательных теорий, указываю, когда и кем были открыты тела, не известные в древности. Я пытаюсь воздать должное великим талантам, которые способствовали изменению облика науки или же расширили ее сферу и чьи работы каждый день продолжают ее обогащать. Но я не принуждал себя к мелочной точности, которая столь характерна для духа современной эпохи и которая состоит в том, чтобы сообщать о новых открытиях, хотя и интересных, но второстепенного значения, непременно указывая при этом имя химика — их автора. Такие ссылки и упоминания работ, из которых были почерпнуты данные, необходимы в руководствах, которые должны служить справочным материалом для специалиста-химика, но они не интересны в книге для начинающих изучать химию.

Ценность книги, предназначенной для учеников, определяется не только тем, в каком порядке излагается предмет, но также и манерой его трактовки. Я стремился к тому, чтобы быть по возможности ясным, особенно в начале книги. Я действовал так, как если бы предо мной был читатель, который не имеет никакого предварительного представления о химии. Однако необходимо было предположить хотя бы поверхностное знакомство с физикой. Я выбрал повествовательный стиль, тщательно избегая частностей, которые превращают описание каждого тела в заполнение некоего рода печатного формуляра. Я стремился сделать чтение моей книги по возможности приятным — настолько, насколько допускает природа тех вопросов, о которых идет речь.

Современные достижения науки по возможности использованы мною в полной мере. В результате этого, перевод моего трактата обогатился многими добавлениями, которые не существуют в его последнем немецком издании.

Стокгольм, 1828



ЛИБИХ

(1803—1873)

Юстус фон Либих родился в Дармштадте (Гессен). Отец его был лавочником и торговал красками. Молодой Либих с детства познакомился с химией, учился в Боннском, потом в Эрлангенском университетах, затем два года он провел в Париже в Арсенале у Гей-Люссака. По рекомендации Гумбольдта Либих рано получил кафедру в небольшом немецком городе Гиссене. Там он построил одну из первых учебных лабораторий, и в этом провинциальном университете создал обширную школу химиков, благодаря которой его влияние на все развитие химии в Германии было так велико.

В 1845 г. Либих получил титул барона; в 1852 г. он перешел в Мюнхенский университет. В 1860 г. Либих стал президентом Баварской академии наук. Работы Либиха в начальный период его деятельности были посвящены органической химии. Он создал ряд методов анализа органических веществ и одним из первых указал на различные случаи изомерии, приведшие Либиха к ожесточенным спорам с Дюма и Берцелиусом. Полное решение эти вопросы получали только в рамках теории химического строения, созданной позднее Бутлеровым и Кекуле.

Во второй половине жизни Либих обратился к совершенно новой области — био-

химии. Либих настойчиво пропагандировал необходимость применения минеральных удобрений и первый обратил внимание на вопросы калорийности пищи.

Интернационалист по своим убеждениям, Либих основал известный международный химический журнал; после франко-прусской войны он много сделал для восстановления научных связей между учеными враждующих стран Либих обладал сложным характером; от своего высокомерия страдал он сам, наживая себе врагов, страдали его друзья. Один только Велер понимал его и сохранил дружбу с Либихом до конца жизни.

Мы приводим посвящение Гумбольдту и предисловие к 6-му изданию его «Химии в приложении к земледелию и физиологии» в переводе под редакцией академика Д. Н. Прянишникова.

ХИМИЯ В ПРИЛОЖЕНИИ К ЗЕМЛЕДЕЛИЮ И ФИЗИОЛОГИИ

АЛЕКСАНДРУ ГУМБОЛЬДТУ

Летом 1823 г. во время моего пребывания в Париже мне удалось доложить в Королевской академии мою первую аналитическую работу «Исследование говардовских гремучих соединений серебра и ртути».

28 июля в конце заседания, когда я убирал свои препараты, ко мне подошел человек, из среды членов Академии, и вступил со мной в разговор. С располагающей дружелюбностью он сумел расспросить меня о предметах, мною исследуемых, о моих занятиях и планах. Мы расстались, причем я по неопытности и застенчивости не решился спросить, кого я должен благодарить за участие.

Этот разговор оказался решающим для моего будущего. Я приобрел для моих научных стремлений сильнейшего и благосклоннейшего покровителя и друга.

За день перед тем Вы возвратились из путешествия по Италии; никто не знал еще о Вашем присутствии.

Неизвестный, без рекомендаций, в городе, где приток людей из всех стран света представляет большое препятствие к личному сближению с тамошними лучшими знаменитыми естествоиспытателями и учеными, я, как и многие другие, остался бы незамеченным в этой большой толпе, а, может быть, и погиб бы; эта опасность была теперь полностью устранена для меня.

С того дня для меня были открыты все двери, все институты и лаборатории. Живой интерес, который Вы проявили ко мне, доставил мне любовь и искреннюю дружбу моих вечно мне дорогих учителей Гей-Люссака, Дюлонга и Тэнара. Ваше доверие проложило мне дорогу к той

деятельности, которой я неуклонно в течение 16 лет с усердием занимаюсь.

Я знаю многих, кто в достижении своих научных стремлений, так же как и я, обязаны Вашему покровительству и благосклонности: химик, ботаник, физик, востоковед, путешественник в Персию и Индию, художник — все они пользовались у Вас одинаковыми правами и одинаковым покровительством. Для Вас не было различий между национальностями и происхождениями. Насколько наука в этом отношении обязана Вам, осталось неизвестным для мира, но об этом можно прочесть в наших сердцах.

Разрешите мне открыто выразить Вам чувства глубочайшего уважения и чистейшей, искреннейшей благодарности.

Я осмеливаюсь посвятить Вам небольшую работу, но, право, не знаю, принадлежит ли мне хоть часть ее; когда я читаю введение к сочинению Ингенгуза «О питании растений», которое Вы написали 42 года тому назад, мне кажется всегда, что я только дальше развивал и старался доказать те взгляды, которые Вы, горячий и преданный друг всего истинно прекрасного и высокого, Вы, все оживляющий, деятельнейший естествоиспытатель нашего столетия, высказали и обосновали там.

В 1837 г. на одном из заседаний в Ливерпуле Британского общества поощрения наук я получил почетное предложение сделать доклад о состоянии наших знаний в области органической химии. По моему предложению общество решило просить члена Парижской академии Дюма принять участие вместе со мной в составлении этого доклада. Это послужило поводом к изданию настоящей работы, в которой я попытался изложить отношение органической химии к физиологии растений и к земледелию, а также те изменения, которым подвергаются органические вещества в процессах брожения, гниения и тления.

В такое время, когда неутомимое стремление к новому, часто малоценному, едва дает молодому поколению возможность бросить взгляд на основы, поддерживающие красивейшее и могущественнейшее здание, и когда украшение и раскраска почти скрывают эти основы от глаз поверхностного наблюдения, в такое время нельзя быть уверенным в успехе, если осмелиться в чужой области направить внимание и силы естествоиспытателей на предметы науки, которые уже давно, по сравнению с другими, стоило бы избрать целью трудов и усилий. Желание человека делать хорошее не знает границ, но средства и возможности его ограничены узкими рамками.

Не касаясь отдельных наблюдений, которые я изложил здесь, я буду вполне удовлетворен, если принципы естествознания, которые я применил в этой небольшой работе к исследованию развития и питания растений, удостоятся Вашего одобрения.

Гиссен,
1 августа 1840 г.

Предисловие к шестому изданию

За 16 лет, прошедших между этой работой и шестым изданием моей «Химии в приложении к земледелию и физиологии», я имел возможность изучить затруднения, которые мешают применению научных достижений в практическом сельском хозяйстве.

Основная причина этого заключается в том, что между практикой и наукой не установлено никакой связи.

Среди сельских хозяев укрепился предрассудок, что для ведения их дела достаточно более низкое образование, чем для промышленности, так как излишними размышлениями и использованием достижений науки, которые последняя всегда готова предоставить земледельцу, можно повредить их практической деятельности; все, что требовало умственной работы, считалось теорией, т. е. прямой противоположностью практики, и поэтому оценивалось низко или не удостаивалось внимания.

Действительно, были факты, что наука или теория, когда практик пытался их применять, приносили ему часто только вред: его начинания давали часто обратные результаты; он не знал, что умение правильно применять науку не дается само собой, что этому нужно научиться подобно тому, как учатся умелому обращению со сложными инструментами.

Никто не сможет остаться равнодушным к правильности или ложности тех представлений, которыми руководствуется человек в своем хозяйстве и которые определяют его деятельность.

При недостатке общего понимания практика не видела средств для своего улучшения в тех верных понятиях, которые ей предлагались наукой в виде объяснений явлений роста растений и того влияния, которые оказывают на них почва, воздух, обработка и удобрения. Поскольку земледельцам не удавалось найти соотношений между указаниями науки и теми фактами, которые предоставляет практика, они пришли к заключению об отсутствии всякой связи между наукой и практикой.

Сельский хозяин руководствовался в своей практике давно наблюдаемыми в его области определенными традиционными фактами или, если он поднимался до более общих воззрений, то он руководствовался определенными авторитетами, система хозяйства которых считалась образцовой. О критической оценке этих систем не могло быть и речи, потому что для этого не было масштабов.

Что Тэер находил хорошим и полезным для своих полей в Мёглине, считалось целесообразным и хорошим для всех немецких полей, и выводы, к которым пришел Лоз на крошечном участке в Ротамстеде, признавались аксиомой для всех английских полей. При господстве преданий и веры в авторитеты практик лишился способности правильно понимать факты, ежедневно происходящие перед его глазами, и, наконец, он перестал отличать их от случайных мнений. Следствием этого было то, что практик стал утверждать, будто наука оспаривает существование фактов, когда она сомневается в жизненности даваемых им объяснений.

Когда наука считала прогрессом замену недостающего навоза его отдельными составными частями или когда она утверждала, что суперфосфат не является специфическим удобрением для корнеплодов и аммиак для картофеля, практика заявляла, что наука отрицает действие этих веществ.

Вокруг недоразумений такого рода поднялся длительный спор; практик не понял научных выводов и счел необходимым защищать свои традиционные взгляды; спор был направлен не против научных положений, которые он не понимал, а против ложных, им самим составленных представлений о них. Пока этот спор не найдет разрешения и пока сельские хозяева не станут компетентными судьями, едва ли можно ожидать действительной помощи со стороны науки, и я сомневаюсь, наступило ли уже это время. Я возлагаю свои надежды на молодое поколение, вступающее в практику с совершенно иной подготовкой, чем их отцы. Что касается меня, то я достиг того возраста, когда элементы, составляющие тленное тело, обнаруживают стремление к началу нового жизненного цикла и когда пора сделать распоряжение о своем достоянии и уже нет времени откладывать, если есть еще что сказать.

Так как каждый опыт в области сельского хозяйства продолжается год или более, пока будет достигут полный результат, то едва ли мне остается надежда дожить до последствий моего учения; наилучшее, что я могу сделать в таком положении, это изложить мое учение так, чтобы недоразумения были невозможны для того, кто на себя возьмет труд подробно его изучить. С этой точки зрения нужно рассматривать полемическую часть моей книги; я долго верил, что в сельском хозяйстве достаточно изложить истинные воззрения, чтобы распространить их, как это обычно делается в научных вопросах, и не заботиться более о заблуждениях; но, наконец, я убедился, что это ложный путь и что нужно разрушить храмы лжи, чтобы создать твердую почву для истины. Никто не откажет мне в праве очистить мое учение от сора, которым его в течение многих лет пытались сделать неузнаваемым.

Меня со многих сторон упрекали в несправедливости за то, что я современное земледелие оценивал как грабительское хозяйство; действительно, по тем сведениям, которые мне дали некоторые хозяева о своих хозяйствах, мое обвинение против них нельзя считать правильным. Меня заверяли в том, что многие сельские хозяева северной Германии, Саксонии, Ганновера и Брауншвейга ревностно заботятся о возвращении полям более того, что они извлекают из почвы, так что о грабительском хозяйстве здесь не может быть и речи. Но если взять в целом сельское хозяйство, то найдутся сравнительно немногие, которые знают, в каком состоянии находятся их поля.

До сих пор я не встречал ни одного сельского хозяина, который взял бы на себя труд, как это принято в других индустриальных предприятиях, вести приходно-расходную книгу каждого своего поля и записывать в нее то, что он ежегодно вывозит с поля и вносит в него.

У сельских хозяев есть старый, унаследованный недостаток: каждый оценивает сельское хозяйство в целом со своей узкой точки зрения, и если одному удается избежать ошибки, то он склонен видеть в этом доказательство правоты всех.

Продолжающийся до сих пор огромный вывоз костей из Германии является фактическим доказательством того, насколько мало число тех хозяев, которые заботятся о надлежащем возвращении своим полям фосфора; если одна маленькая фабрика Гейфельда в Баварии вывозит в Саксонию из окрестностей Мюнхена $1^1/_2$ миллиона фунтов костей, то это происходит за счет ограбления баварских полей.

Сильные грабят слабых, знающие — незнающих, и так будет всегда. То, что во многих местах северной Германии действительно совершается возмутительное ограбление полей, будущая история немецкой свеклосахарной промышленности докажет многим современникам. Посредством употребления суперфосфата и гуано достигли очень высоких урожаев сахарной свеклы с большим процентом сахара, и так как в течение многих лет не было понижения урожаев, то плантаторы, благодаря их непониманию, стали думать, что эти хорошие урожаи будут всегда повторяться; они упускают из виду, что при таком хозяйствовании уменьшается содержание калия в их почвах и, в конце концов, наступит истощение их полей. Калий, говорят они, является слишком дорогим удобрением, за те же деньги можно купить в три-четыре раза больше суперфосфата и гуано. Они думают, что делают хорошо, внося их на свои поля. А как дорого обходится им калий в навозе, которым они думают заменить его, этого они, конечно, не знают.

Несомненно, что они ошибаются в своих расчетах и что, продавая свою патоку и барду, они продают важнейшие для производства сахара вещества и вместе с тем плодородие своих полей. Они увидят, может быть, только через несколько десятилетий, как это уже, несомненно, доказано во Франции и Богемии, что при таком хозяйствовании в определенное время и непостепенно, а вдруг процент сахара в свекле снизится с 11—10 до 4—3 и что плодородие полей, которые раньше давали высокие урожаи сахара, нельзя будет восстановить внесением суперфосфата и гуано.

Таким образом, через два человеческих поколения те области, в которых при нынешней системе еще процветает сахарная промышленность, будут приводиться как пример того, до чего может быть человеческим невежеством доведено производство, которое по своей сущности таково, что может вечно продолжаться на тех же полях, не истощая их.

В Англии происходит то же самое. На всех полях, на которых разводят турнепс без возвращения калия, наступает ухудшение качества корня, и только там остаются неизменными количество и качество турнепса, где корни скармливаются овцам прямо на поле и таким образом целиком поддерживается содержание калия в поле.

Мюнхен, сентябрь 1862 г.



МЕНДЕЛЕЕВ

(1834—1907)

Несомненно, самой яркой и, быть может, наиболее сложной фигурой в русской науке XIX века был Дмитрий Иванович Менделеев. Он родился в старинном сибирском городе Тобольске четырнадцатым и последним ребенком в семье директора гимназии. Исключительную роль в формировании личности ученого сыграла его мать, происходившая из образованной и предприимчивой купеческой семьи. В посвящении к одной из капитальнейших своих работ «Исследование водных растворов по удельному весу» (1887) Дмитрий Иванович писал:

«Это исследование посвящается памяти матери ее последышем. Она могла его взростить только своим трудом, ведя заводское дело; воспитывала примером, исправляла любовью и, чтобы отдать науке, вывезла из Сибири, тратя последние средства и силы. Умирая, завещала: избегать латынского самообольщения, настаивать в труде а не в словах, и терпеливо искать божескую или научную правду, ибо понимала, сколь часто диалектика обманывает, сколь многое еще должно узнать и как при помощи науки без насилия, любовно, но твердо, устраняются предрассудки, неправда и ошибки, а достигаются: охрана добытой истины, свобода дальнейшего развития, общее благо и внутреннее благополучие. Заветы матери считает священными».

В Тобольске Менделеев учился в гимназии, но особым прилежанием не отличался. Высшее образование он получил в Петербурге в Главном педагогическом институте. На физико-математическом факультете математику читал Остроградский, физику — Ленц, педагогику — Вышнеградский, в будущем министр финансов России. Профессором химии был Воскресенский, «дедушка русских химиков», из его школы вышли также Бекетов, Соколов, Меншуткин и многие другие ученые. Институт Менделеев окончил в 1855 г. первым, с золотой медалью. Через год в Петербургском университете он получил звание магистра химии и стал доцентом. Вскоре Менделеев был командирован за границу и два года работал в Гейдельберге у Бунзена и Кирхгофа. Большое значение для молодого Менделеева имело участие в съезде химиков в Карлсруэ (1860), где обсуждалась проблема атомности элементов.

Вернувшись в Россию, Менделеев становится сначала профессором Петербургского практического технологического института, затем — профессором Петербургского университета по кафедре технической химии и, наконец,— общей химии.

Профессором университета Менделеев был в течение 23 лет. Именно в это время им были написаны «Основы химии», открыт периодический закон и составлена таблица элементов, навсегда связанная с его именем. Периодический закон стал важнейшим обобщением в химии и значение этого открытия выходит далеко за пределы одной только этой науки. Круг интересов Менделеева был исключительно широк и разнообразен; достаточно назвать его работы по растворам, исследования поверхностного натяжения, приведшие Менделеева к понятию критической температуры. Он всесторонне занимается нефтяным делом, предвидя важнейшее значение нефтехимии. Он глубоко интересуется вопросами воздухоплавания. Во время полного солнечного затмения 1887 г. он должен был вместе с аэронавтом подняться на воздушном шаре за облака. Перед стартом, из-за дождя, шар намок и двоих поднять не мог. Тогда Менделеев решительно высадил летчика и полетел один — это был его первый полет. Менделеев был блестящим лектором и страстным пропагандистом науки.

В 1890 г. Менделеев, выступивший в поддержку требований либеральных студентов, после столкновения с министром просвещения оставил университет. В последующий год он недолго, но с успехом занимался технологией производства бездымного пороха. В 1893 г. он стал смотрителем Главной палаты мер и весов, совершенно преобразив деятельность этого учреждения. Работы по метрологии Менделеев связывал как с чисто научными задачами, так и с практическими потребностями торгово-промышленного развития России. Будучи близок к руководителям финансовой политики России — Вышнеградскому и Витте, ученый стремился через нарождавшуюся крупную буржуазию влиять на индустриализацию страны. Экономическое исследование Менделеева «Толковый тариф» (1890) стало основой таможенной политики протекционизма и сыграло важную роль в защите интересов русской промышленности.

Менделеевым всего было написано более 400 работ. Слава его была всемирной: он был членом более 100 научных обществ и академий, за исключением Петербургской: выбирали его дважды и дважды забаллотировали из-за влияния и интриг «немецкой» партии Императорской Академии. В год смерти Менделеева вышло 8-е издание его «Основ химии»; на первой странице он писал: «Эти „Основы" любимое дитя мое. В них мой образ, мой опыт педагога, мои задушевные научные мысли».

Ниже следует предисловие к первому изданию «Основ химии».

ОСНОВЫ ХИМИИ

В предлагаемом сочинении две цели. Первая — познакомить публику и учащихся с основными данными и выводами химии в общедоступном научном изложении, указать на значение этих выводов для понимания как природы вещества и явлений вокруг нас совершающихся, так и тех применений, которые получила химия в сельском хозяйстве, технике и других прикладных знаниях. Эти отношения к философии и жизни придают нашей науке легкую усвояемость и определяют ее общественные значения. Но знание выводов, без сведений о способах их достижения — может легко ввести в заблуждение не только в философской, но и в практической стороне науки, потому что тогда неизбежно необходимо прибавить абсолютное значение тому, что нередко относительно и временно. В науке о природе нет аксиом, с помощью которых облегчается изложение таких наук, как геометрия. В ней все истины добыты путем упорного труда и всесторонних попыток наведения. Вот эта-то сторона предмета и заставила меня к вышеназванной цели присовокупить другую, более специальную. *Изложить* вместе с выводами, *описание способов* их добычи, *ввести* в одно систематическое целое *возможно большее число данных,* не вдаваясь однако в крайность полных сборников науки. Сопоставляя теорию с практикой, прошедшее науки с ее будущим, не отдаваясь безотчетно ни одному самому привлекательному убеждению, я стремился развить в читателе ту способность самостоятельного суждения о научных предметах, которая составляет единственный залог и правильного использования выводами науки и возможности содействовать ее дальнейшему развитию.

Сочинение напечатано двумя шрифтами, с той целью, чтобы начинающий мог ознакомиться сперва с важнейшими данными и законами, напечатанными более крупным шрифтом, а потом уже подробностями, которые без того могли бы затемнить картину целого. В конце каждой главы приведены выводы, чтобы облегчить обзор прочитанного.

В первой главе помещено несколько важнейших для химика сведений из физики, но я не мог здесь войти в необходимые подробности, а потому прошу смотреть на эту часть моего труда, как на простой перечень выводов, подробное ознакомление с которыми читатель может получить в сочинениях по физике; из них для начинающих рекомендую физику Краевича, а для дальнейшего знакомства — курс Петрушевского.

В дальнейших своих успехах химия, по моему мнению, должна многое позаимствовать от физико-химических исследований и даже принять некоторые методы физики, например те, которые употребляются в ней при рассмотрении основных свойств газов и явлений теплоты. По этим причинам я старался познакомить читателей в разных местах своего труда с некоторыми мало еще распространенными сведениями физики. Но в этом отношении, сообразно главной своей задаче я не мог вдаваться в под-

робности и желал только обратить внимание читателя на предметы по моему мнению, имеющие важное значение.

Прямые применения знаний к сознательному обладанию природою составляют силу и залог дальнейшего развития наук. Оттого-то нашли место в моем сочинении практические применения химических знаний к общежитию, заводскому делу, сельскому хозяйству, к объяснению явлений жизни организмов и самой земли и т. п. Везде, где было возможно, я старался связать теоретический интерес с чисто практическим.

Этими объяснениями определяется уже многое в общем плане и в частностях предлагаемого труда. Сверх того, я стремился приурочить каждое обобщение к ряду частных фактов, чтобы тем придать оживление выводам и лишить последние голословного значения, какое приобретают законы науки, когда они излагаются догматически.

Ограниченное значение, какое, по моему мнению, имеют некоторые из существующих химических гипотез (например, гипотеза об атомности элементов, глава 16, а также стр. 684, 734 и др.), не позволяет мне поставить их, как того желают ныне многие, на первом плане всего изложения и подчинить временному их интересу тот общий строй направления химии, какой мне было желательно передать.

Ввиду этого и те обобщения и гипотезы, которые отчасти или вполне принадлежат лично мне[1], я старался поставить на соответственных местах, не стремясь придать им вид законченности, а выставляя их только как попытки, стоящие в связи с общим направлением, какое, по моему мнению, имеет в настоящее время наша наука. В этом направлении недостает нам пока еще одного общего, связующего начала: знания, относящиеся к количественной стороне химических превращений, далеко опередили изучение качественных отношений; те и другие представляются ныне разделенными; их связь, ясная в некоторых частных случаях, и должна, мне кажется, составить ту нить, руководство которой выведет химиков из лабиринта современного, уже значительного, но еще довольно одностороннего запаса данных.

Система распределения элементов по группам и взаимная их связь по величине атомных весов, принятых мною в этом сочинении, выражена в таблице, помещенной на обороте этого листка. Основные данные, служившие для составления этой системы, сообщены мною в мартовском заседании Русского Химического Общества, учрежденного при СПб. Университете, и развиты во второй части моего сочинения.

СПб., 1869 г., март

[1] Например, о химической энергии (в части I, гл. 2 и ч. II), о неразрывной связи определенных химических соединений с такими неопределенными, как растворы, изоморфные смеси и т. п. (I—4 и II), об обратных реакциях (I и II), гипотеза о пределе химических соединений (I—16 и II), гипотеза о причине, закона четности паев (I—16), обобщения, относящиеся до образования нитрилов (I—28), до теплоемкости и др. физических свойств (II), гипотеза о строении кремнеземистых соединений (II), система элементов (II) и т. п.

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ,

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180.
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182.
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186.
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4.
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198.
			Ni = Co = 59	Pl = 106,6	Os = 199.
H = 1			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75,6	Th = 118?		

Таблица элементов из первого издания «Основ химии» Д. И. Менделеева.



ВАНТ-ГОФФ

(1852—1911)

Развитие химии происходит, с одной стороны, путем все большего ее усложнения, путем выработки своих, принадлежащих только химии понятий и методов. С другой стороны, анализ основных понятий химии, опирающихся на изучение простых явлений и объектов, приводит к ее объединению с физикой. Второму подходу к проблемам химии мы в значительной мере обязаны Вант-Гоффу — создателю стереохимии и химической кинетики, той науки, которую сейчас принято называть физической химией.

Якоб Генрик Вант-Гофф родился в Роттердаме, в семье врача. Рано проявив способности к математике, он тем не менее решил посвятить себя химии. Высшее образование Вант-Гофф получил в Делфтском политехническом институте. После его окончания он некоторое время работал у Кекуле, но неудовлетворенный атмосферой в Бонне, переезжает в Париж, к Вюрцу. К этому времени относятся его основополагающие работы по стереохимии; отталкиваясь от открытой Пастером оптической изомерии, Вант-Гофф одновременно с Ле-Белем пришел к идее тетраэдрического пространственного расположения валентных связей углерода.

С 1876 г. Вант-Гофф стал преподавать химию в Ветеринарной школе в Утрехте, но

через два года, по рекомендации Вюрца, получил кафедру химии, минералогии и геологии в Амстердамском университете. В эти годы он опубликовал работу «Взгляд на органическую химию», подытоживающую его точку зрения на стереохимию, и знаменитые «Очерки по химической динамике» (1884). В 1896 г. Вант-Гофф был избран членом Прусской Академии наук и переехал в Берлин; вскоре он стал профессором химии в Берлинском университете. Основные его работы в этот период были посвящены физической химии растворов и явлению осмоса. В последние годы жизни Вант-Гофф обратился к биохимии и изучению действия энзимов.

Вант-Гофф не был блестящим лектором; но это был человек, мыслящий крупными и глубокими категориями, способный на большие обобщения, чьи идеи оказали огромное влияние на развитие химии не только при его большой и плодотворной жизни, но и в последующий период. В 1901 г. Вант-Гоффу первому была присуждена Нобелевская премия по химии (по физике в этом году ее получил Рентген).

Мы приводим предисловие к «Очеркам по химической динамике» (1884).

ОЧЕРКИ ПО ХИМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКЕ

Ход развития какой-либо науки состоит из двух различных периодов: сначала все научные исследования имеют описательный характер или характер систематики; затем они приобретают рациональный или философский характер. Такой путь развития прошла и химия как чистая наука, т. е. если оставить в стороне ее приложения.

Во время первого периода научные исследования ограничиваются накоплением и согласованием материалов, составляющих основу данной науки. Так, в химии они привели к открытию новых веществ, к выяснению их химического состава и свойств с тем, чтобы расширить область, охватываемую наукой, найти для каждого вещества подходящее место в общей классификации и получить возможность отличать одни тела от других. Если в этот период и исследовалась связь между свойствами различных тел или между их химическим составом, то лишь с целью классификации.

Во втором периоде развития исследования уже не ограничиваются накоплением и согласованием материалов, но переходят к причинной связи. Первоначальный интерес к новому веществу исчезает, в то время как выяснение его химического состава и свойств, приобретая теперь гораздо большее значение, становится отправной точкой для выяснения причинной связи.

История всякой науки заключается в эволюции от описательного периода к периоду рациональному.

В химии исследования рационального порядка характеризовались в последнее время заметным стремлением связать формулу строения веще-

ства с его свойствами. Это направление оправдывается тем, что формула строения вещества является не только символическим выражением его состава, но вскрывает, хотя и несовершенным образом, внутреннюю природу материи, из которой построено данное вещество. Так как все свойства вещества вытекают из этой внутренней природы материи, то легко предвидеть, что когда-нибудь формула строения вещества сможет указать нам правильно и во всех деталях свойства вещества, которое она обозначает.

В этих исследованиях необходимо различать две части. Свойства, которые мы хотим связать с формулой строения, могут быть физическими или химическими. Чтобы характеризовать эти две части, достаточно привести хорошо известные работы Брюля и Меншуткина.

Действительно, немецкий химик пытается связать с формулой строения физическое свойство, а именно показатель преломления, в то время как Меншуткин, интересуясь химическими свойствами, ищет связь между этой формулой и способностью различных кислот и спиртов к этерификации.

Эти работы выявляют большое преимущество физических свойств при изучении их связи с формулой строения. Работы физиков дали возможность характеризовать многие из этих свойств определенными постоянными выражениями. Так, Брюль мог изучать «удельное преломление», совершенно постоянно характеризующее преломляющую силу вещества; именно это «удельное преломление» определялось для различных веществ и сравнивалось с формулами строения. Очевидно, что найденная таким образом связь не может оказаться случайным результатом действия каких-либо факторов, например температуры, так как сравниваются величины, не изменяющиеся под действием этих факторов.

Иначе обстоит дело с химическими свойствами. Чтобы понять трудности, с которыми здесь приходится встречаться, достаточно обратиться к рассмотрению работ Меншуткина. Этот русский химик нагревал до 155° смеси кислот и спиртов и определял как «начальную скорость», так и «предел» химического процесса, т. е. он определял количество вещества, превращенное в течение часа, и количество, остающееся в конечном состоянии. Эта «начальная скорость» и этот «предел» изменяются с температурой и объемом, и при этом неизвестно, каким именно образом; поэтому полученные соотношения могут иметь лишь относительное значение, хотя и представляют собой весьма большой интерес.

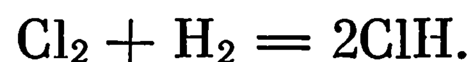
Я далек от того, чтобы недооценивать работы Меншуткина. Моя критика касается лишь настоящего положения наших знаний химических свойств. Они не дают нам возможности наметить те характеристические постоянные величины, на которые необходимо обращать внимание при каждом исследовании связи между химическими свойствами и формулой строения. Поэтому я попытался в настоящей работе сделать все, что в моих силах, для улучшения положения.

* * *

Выражение «химические свойства» охватывает во всей широте данные, касающиеся химических превращений какого-либо вещества, т. е. химических превращений, испытываемых веществом самим по себе или же в присутствии различных веществ, во всевозможных условиях. Намечая, до какой степени эти свойства могут быть выражены точным образом, мы должны будем обрисовать в нескольких чертах общее состояние наших познаний в области химических превращений. Я коснусь таким образом нескольких понятий, предварительное ознакомление с которыми является необходимым.

Прежде всего необходимо установить различие между *полным химическим превращением и ограниченным химическим превращением.* Первое может быть определено несколькими словами: это общеизвестное химическое превращение, которое характеризуется полным переходом одного вещества (*начальная система*) в другие, отличные от него (*конечная система*).

Химическое уравнение выражает это превращение, причем его первая часть обозначает начальную систему, а вторая — конечную систему. Например:



$$Cl_2 + H_2 = 2ClH.$$

Ограниченное превращение, открытием которого мы обязаны Бертолле, характеризуется тем, что оно останавливается раньше своего полного завершения. В конечном состоянии, следовательно, наряду с вновь образовавшимися веществами находится некоторая часть неизмененных исходных веществ. Так, при действии хлористоводородной кислоты на азотнокислый натрий происходит превращение, ведущее к образованию азотной кислоты и поваренной соли, но это превращение никогда не распространяется на все количество исходных веществ.

Такого рода наблюдения становятся все более и более многочисленными, и ограниченное превращение встречается теперь во всех областях химии. Пфаундлер связал оба эти явления единой точкой зрения, рассматривая наблюдаемый предел как результат двух противоположных превращений, ведущих в приведенном примере одно — к образованию поваренной соли и азотной кислоты, другое — к образованию хлористоводородной кислоты и азотнокислого натрия. Эта точка зрения, подтвержденная экспериментом, оправдывает выражение *химическое равновесие*, которым пользуются для характеристики конечного состояния ограниченных реакций. Я предлагаю обозначить это выражение следующим символом:



$$HCl + NO_3Na \rightleftarrows NO_3 + ClNa.$$

Таким образом в этом случае я заменяю в химическом уравнении знак «=», который в действительности не только выражает равенство,

но указывает и направление превращения, знаком «⇄». Этот знак ясно выражает тот факт, что химический процесс совершается одновременно в двух противоположных направлениях.

Явление химического равновесия, которое сначала было обнаружено лишь в исключительных случаях, оказалось впоследствии чрезвычайно распространенным. Короче говоря, оно является общим выражением завершения всякого химического превращения. В самом деле, сколько раз химические превращения, которые считались полными, оказывались не чем иным, как равновесным состоянием двух систем, одна из которых, правда, настолько подавляла другую, что эта последняя легко ускользала при поверхностном наблюдении.

Вследствие этого возникает общий интерес по отношению к законам, управляющим химическим равновесием. Мы должны будем отметить прежде всего открытия, которые показали, каким образом химические равновесия связаны с физическими явлениями, и приведем затем относящуюся к этому вопросу теорию Гульдберга и Вааге.

Изучая равновесие, устанавливающееся между нагретой известью и продуктами ее разложения, которое выражается символом



$$CO_3Ca \rightleftarrows CO_2 + CaO,$$

Дебре открыл, что углекислота достигла при заданной температуре определенного максимального давления. Это обстоятельство, напоминающее, между прочим, явление испарения в закрытом сосуде, где при заданной температуре давление паров также достигает определенного максимального значения, обнаружилось затем во всех аналогичных случаях, т. е. во всех химических равновесиях, характеризуемых существованием твердых и газообразных веществ и называемых поэтому *гетерогенными химическими равновесиями.*

Это *сходство между гетерогенным химическим равновесием и испарением* было обобщено Горстманом. В физическом явлении испарения количество поглощаемой теплоты выводится на основе принципов *термодинамики* из увеличения испарившейся части, под влиянием повышения температуры. Горстман показал, что аналогичный расчет дает возможность определить количество тепла, поглощаемого при химическом превращении. Для этого достаточно учесть возрастание этого превращения, вызываемое повышением температуры.

Отметим здесь, что Бертло, развивая воззрения Томсена, также связывает химическое превращение с сопровождающими его тепловыми явлениями, однако он делает это совершенно иначе. Согласно Бертло, превращение происходит, если оно сопровождается выделением тепла (*принцип максимальной работы*).

Гульдберг и Вааге в своих «Очерках химического сродства» стали на совершенно иную точку зрения. Взяв за основу открытие Бертло, а именно, что количество вещества (*масса*) влияет на конечное состояние равновесия и что в приведенном выше случае увеличение количе-

ства хлористоводородной кислоты также увеличило бы количество разложившейся соли азотной кислоты, они ввели в науку точные понятия относительно величины влияния этого количества вещества. Для этого авторы рассматривают химическое равновесие, как результат равенства двух противоположных сил, вызываемых сродством в обеих системах. Эти силы предполагаются пропорциональными количеству веществ, составляющих систему, содержащихся в единице объема (*действующая масса*). Полученные таким образом соотношения находятся в согласии не только с экспериментальными данными авторов, но и с результатами опытов Томсена и Оствальда.

Добавим, что Горстман, исходя из принципов *термодинамики*, получил соотношения, аналогичные полученным Гульдбергом и Вааге. С своей стороны, Пфаундлер пришел к сходным результатам, применяя к химии вычисления вероятностей *столкновений между молекулами* в данном пространстве.

Изложенное выше относится к конечному состоянию химического превращения. Имеется второй пункт, которого я хочу теперь коснуться, а именно: каким образом это конечное состояние достигается. Очевидно, что этот вопрос сводится к изучению *медленных превращений*. Эти превращения могут быть изучены экспериментально: они позволяют определить соотношения, существующие между временем и степенью превращения. Если же превращение совершается почти мгновенно, то может быть известно лишь конечное состояние.

Исследования медленных превращений, предпринятые сначала Бунзеном и Роско для случая соединения водорода с хлором под действием света, были затем предметом многочисленных работ, направление которых трудно изложить в нескольких словах. Я ограничусь поэтому упоминанием о работах Бертло и Пеан де Сент-Жилля, Лемуана, Буханана, Каяндера, Богусского, Уреха, Гаркура, Меншуткина, Оствальда, Райта и Вардера. С теоретической точки зрения в некоторых из этих исследований можно отметить более или менее ясно выраженное стремление связать скорость превращения с величиной *действующей массы* Гульдберга и Вааге.

* * *

Поскольку я поставил себе задачей изучить в этой работе прежде всего *ход химического превращения,* мои опыты будут относиться главным образом к этому вопросу. В качестве теоретической основы я принял не понятие действующих масс (это понятие я должен был оставить по ходу моих опытов), а следующие соображения.

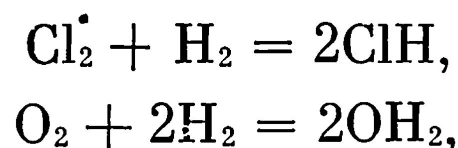
Если химическое превращение совершается в одной молекуле, например, в случае разложения хлористого аммония:



$$ClNH_4 = ClH + NH_3,$$

то будет иметь место пропорциональность между количеством вещества,

превращающимся за некоторое время, и общим количеством вещества. Такого рода химический процесс я буду называть *мономолекулярным превращением*. Если, наоборот, для превращения необходимо взаимодействие нескольких молекул, как в случае образования хлористоводородной кислоты или же воды:



$$Cl_2 + H_2 = 2ClH,$$
$$O_2 + 2H_2 = 2OH_2,$$

то необходимость столкновений между молекулами будет сказываться на ходе химического превращения. Действительно, в этом случае будет иметь место пропорциональность между количеством превращенного за данный промежуток времени вещества и частотой столкновений. Такого рода химический процесс я называю *би-* или *тримолекулярным* соответственно количеству взаимодействующих молекул.

Мне казалось, что стоило попытаться проверить на опыте эти заключения. Для этого было необходимо тщательно выбрать изучаемые реакции для того, чтобы иметь дело лишь с одним определенным механизмом превращения. Необходимо было избегать случаев, осложняемых наличием ряда превращений, совершающихся одновременно или последовательно. Простые и полные превращения, изученные мною, показали, что приведенные выше предположения были вполне обоснованы. Итак, я выдвигаю следующий принцип:

«Ход химического превращения характеризуется исключительно числом молекул, при взаимодействии которых происходит превращение».

Именно с этим числом должна быть связана естественная классификация реакций, для которых я предлагаю применять термины моно-, би-, три- и многомолекулярных реакций. (*Первая часть. Нормальное химическое превращение.*)

Экспериментальное подтверждение этого принципа привело к обнаружению вторичных действий, стремящихся скрыть истинный характер химического превращения. Таким образом я пришел к необходимости изучения возмущающих действий, предпринятого с целью освобождения от их влияний. (*Вторая часть. Возмущающие действия.*)

В результате устранения этих возмущающих действий можно было дать различные применения принципа связи между ходом превращения и числом молекул. Таким образом, я пришел к возможности определить, на основе моих наблюдений хода превращений, соответствующее превращению число молекул. Методы, которые я применял с этой целью, позволяют разрешить задачи этого рода во всей их полноте. (*Третья часть. Применения.*)

Затем я занялся вопросом о *влиянии температуры на химическое превращение*. К этому вопросу можно было приступить лишь по установлении точных представлений о ходе химического превращения при данной температуре.

На основе результатов, полученных в первой части моей работы, было естественно заняться этим чрезвычайно интересным вопросом о влиянии температуры на химическое превращение.

Исходным пунктом здесь является опыт, а не какие-либо предвзятые идеи. Таким образом различные реакции, служившие мне для изучения хода превращения, были изучены с этой точки зрения при различных температурах. (*Первая часть. Экспериментальные данные.*)

Однако, так как решение какой-либо проблемы мало двигается вперед в результате получения одних лишь экспериментальных данных, не связанных общей точкой зрения, то я попытался исправить это, используя принципы термодинамики. Полученное соотношение между скоростью превращения и температурой оказалось в согласии с экспериментальными данными. (*Вторая часть. Соотношение между температурой и значением K*).

Из полученного соотношения следует, что температура должна влиять на скорость превращения постепенно, а не внезапно. Этот результат находится в очевидном противоречии с общепринятыми представлениями относительно температуры воспламенения; действительно, согласно этим представлениям существует температура, при которой неощутимое при более низких температурах превращение начинается внезапным образом. Это противоречие привело к более глубокому рассмотрению явлений воспламенения, приведшему это явление в согласие с указанным соотношением между температурой и скоростью превращения. (*Третья часть. Температура воспламенения*).

Наконец, я занялся *химическим равновесием*. Все, что касается этого равновесия, представляет собой весьма большой интерес для ознакомления с химическим превращением. Этот интерес является прежде всего результатом указанной Пфаундлером связи между обоими явлениями. Согласно Пфаундлеру, химическое равновесие является не чем иным, как результатом двух противоположных превращений. Затем этот интерес вытекает также из возможности применения принципов термодинамики к вопросам химического равновесия, как это было указано Горстманом. Вследствие этих двух причин химическое равновесие является той связью, которая соединяет изучение химических превращений с фундаментом столь надежным, как термодинамика.

Поставив себе целью рассмотреть химическое равновесие по возможности во всей его широте, я был поставлен перед необходимостью дополнить наши знания в этом отношении, добавив к уже известным видам *гетерогенного и гомогенного равновесия* третий вид равновесия — *равновесие конденсированных систем.* Законы этого равновесия будут изучены как теоретически, так и экспериментально. Этот вид химического равновесия окажется тесно связанным с физическим явлением плавления и затвердевания.

При рассмотрении этих вопросов внимание было обращено главным образом на связь между превращением и сопровождающими его тепло-

выми явлениями, причем результаты, полученные путем *применения принципов термодинамики,* всегда оказывались в согласии с экспериментальными данными.

Таким образом по ходу моих опытов я неоднократно встречался с *принципом максимальной работы.* Не отрицая большого значения, которое, как мне кажется, имеет этот принцип для предсказания многочисленных явлений, я убежден, что в той актуальной форме, которую ему дал Бертло, он все же уступает точным следствиям термодинамики, введенным в химию Горстманом. В заключение приводится формулировка одного следствия термодинамики, которое может быть выражено количественно и проверено на опыте и, как мне кажется, имеет преимущества принципа максимальной работы, не обладая его недостатками:

«Любое равновесие между двумя различными состояниями вещества (системами) смещается при понижении температуры в сторону той из систем, при образовании которой происходит выделение тепла». (*Принцип подвижного равновесия.*)

Мне остается выполнить приятный долг — выразить благодарность г-ну Швабу за весьма ценную помощь, оказанную мне при проведении многих экспериментальных исследований, которые будут изложены далее.



ЛЬЮИС

(1875—1946)

Гильберт Ньютон Льюис родился в штате Массачусетс. Он учился в университете штата Небраска, а затем в Гарварде. Льюис продолжил свое образование в Лейпциге у Оствальда и в Геттингене у Нернста. Затем недолго работал в Гарварде и семь лет преподавал там же, в Бостоне, в Массачусетском технологическом институте. С 1912 г. Льюис стал председателем химического отделения Калифорнийского университета в Беркли, где он жил до самой своей смерти. В 1942 г. избран иностранным членом Академии наук СССР.

Основные работы Льюиса были связаны с химической термодинамикой, в частности с определением свободной энергии химических соединений. В 1923 г. он вместе с Рандаллом написал известную монографию «Термодинамика и свободная энергия химических соединений». Существенны для создания теории валентности, а в дальнейшем квантовой теории химической связи были исследования Льюиса, подытоженные в его небольшой книге «Валентность и строение атомов и молекул» (1924), краткое предисловие к которой мы также приводим.

ТЕРМОДИНАМИКА И СВОБОДНАЯ ЭНЕРГИЯ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Пусть эта книга будет посвящена химикам нового поколения, тем, кто не пожелает отвергать все выводы, полученные путем предположений и догадок, но и не станет прибегать к сомнительным рассуждениям о том, что можно точно узнать. Привлекательность растущей науки заключена в работах разведчиков, действующих на самой границе с неизвестным. Однако достичь этой границы возможно только по хорошо освоенным дорогам; из них наиболее верный и безопасный путь представляет широкая магистраль термодинамики.

Предисловие

Есть старинные храмы, торжественные и внушающие помимо своей священной цели, благоговение. Даже любопытствующий турист говорит о серьезных вещах тихим голосом, и его шепот раздается под сводами нефа и эхом возвращается к нему наполненным тайной. Труд многих поколений архитекторов и художников уже забыт, леса, построенные для работы, давно убраны, все ошибки исправлены или скрыты под слоем пыли веков и, видя только совершенство законченного целого, мы преклоняемся перед сверхчеловеческими силами. Иногда же мы входим в такое строение, когда оно не достроено. Мы слышим стук молотков, запах табака, и грубые шутки рабочих напоминают нам, что эти великие сооружения есть лишь результат обычных человеческих усилий, целенаправленных и целеустремленных.

В науке есть свои храмы, построенные усилиями немногих архитекторов и многих работников. В этих высоких памятниках научной мысли возникла традиция выражаться строгим и формальным языком, не допуская обычной разговорной речи. Иногда кажется, что это способствует точности мышления; чаще же это внушает лишь трепет начинающему. Поэтому, проводя читателя через здание классической термодинамики в те мастерские, где сейчас происходят работы, нам пришлось смягчить общепринятую научную строгость в той мере, как того требует ясность мысли. Вероятно, что нам это удалось достичь лишь в малой степени, и поэтому мы воспользуемся данным случаем для откровенного разговора с читателем о нашей книге и ее задачах.

Книга по термодинамике может быть обращена к различной аудитории. Начинающий, для того чтобы решить, в какой степени предмет соответствует его интересам, будет спрашивать о том, в чем состоит термодинамика и какие задачи физики, химии и технологии могут решаться с ее помощью. Есть читатель, интересующийся философским смыслом таких понятий, как энергия и энтропия. В довершение всего есть

исследователь, решающий задачи чистой или прикладной науки и ищущий особые термодинамические методы, приложимые к его задаче, и данные, которые ему необходимы для ее решения. Может быть мы были слишком самонадеянны и пытались в одном томе удовлетворить всем этим требованиям. Мы пытаемся провести начинающего через тонкости теории и направить более опытного исследователя к тому пределу, который определяется существующими на сегодня методами и данными.

Однако вначале наша цель была совершенно иной. Первоначально мы намеревались собрать для практических задач химика и инженера-технолога данные, полученные нами, или же сведения, собранные из других источников в области проблемы химического сродства. Скоро мы пришли к убеждению, что таблицы данных не могут быть достаточными, если им не сопутствуют описания методов их получения. Развитие же методов приложения термодинамики к задачам химии занимало нас на протяжении многих лет. Привлекательность этих исследований связана с их разнообразием. Каждая новая реакция, изученная нами, требовала новых подходов к эксперименту или развития теоретических методов. Таким образом, мы были вынуждены развить ряд особых приемов — химических, алгебраических, арифметических и графических — и надеемся, что полное описание этих приемов избавит других исследователей от тяжелого труда, затраченного нами.

Наконец, эти методы сами требуют более глубокого понимания основных принципов термодинамики, чем то, что дают большинство учебников. Действительно, в немногих книгах по термодинамике рассматриваются свойства растворов, вопрос исключительной важности для сколько-нибудь полного понимания химической термодинамики. Частично поэтому, частично потому, что мы стремились несколько по-новому изложить основные идеи термодинамики, первая половина нашей книги посвящена элементам термодинамической теории. Написанный первоначально для химиков, наш труд, как мы все же надеемся, не будет неинтересен тем, кто изучает физику и химическую технологию.

Наш труд не представляет собой учебник в обычном понимании этого слова. Действительно, учебник является своего рода рестораном, где можно присесть и утолить свой голод, не задумываясь ни над сложными путями образования сырых сельскохозяйственных продуктов, ни над теми процессами, которыми они превращены в продукты питания, ни над кулинарным искусством повара, ответственным за то хорошо приготовленное блюдо, которое перед вами оказалось. Мы не желали предлагать подобную трапезу читателю. Нашу книгу скорее следует рассматривать как введение к исследованию, как путеводитель тому, кто хочет применить термодинамику в его практической деятельности. Для каждого утверждения в этой книге можно проследить связь либо с фундаментальными постулатами термодинамики, либо с теми опытными исследованиями, которые описаны в литературе и которые снабжены подробными ссылками.

Несмотря на отступление от традиционной формы учебника — а может быть именно в силу этого отступления — мы надеемся, что данный том будет полезен для курсов повышенной сложности. Для пользы студента, занимается ли он с преподавателем или же самостоятельно овладевает основами термодинамики, мы привели большое число задач. Эти примеры подскажут ряд других, ибо только путем повторных приложений теории к конкретным примерам можно действительно овладеть термодинамикой.

У авторов были расхождения во взглядах на возраст и степень подготовленности читателя. В большинстве университетов любой основательный курс термодинамики обычно откладывается до четвертого или пятого года обучения. Нам это кажется ошибочным, и в курсе химии в Калифорнийском университете лучшим студентам большая часть материала преподается до конца третьего года обучения. Действительно, будущему инженеру-технологу или научному работнику неразумно откладывать изучение этого фундаментального предмета, как если бы студенту инженеру-механику или инженеру-электрику откладывать изучение анализа.

Мы не считали нужным просить извинения за постоянное применение математического анализа в этой книге. Сейчас всеми признано, что химик или химик-технолог, вступающий в свою специальность, не владея анализом, всю жизнь будет чувствовать свою неполноценность. Возможно овладеть термодинамикой и без знаний анализа, и действительно многие важные открытия в термодинамике были сделаны минуя аналитические методы. Однако для любого объяснения предмета, краткого и понятного, анализ необходим. Вполне возможно, что некоторые читатели забыли простые приемы частного дифференцирования, и поскольку именно эта часть анализа постоянно используется, то в одной из первых глав этот вопрос получил краткое изложение.

Автор, который пишет на научные темы, всегда завидует рассказчику, поскольку тому не нужно искусственным образом оправдывать естественный ход своего повествования. Последовательно соединять обширное множество разветвляющихся и взаимосвязанных вопросов всегда болезненно. Всегда приходится примиряться с наименьшим злом, и мы не можем даже надеяться на то, что принятая нами последовательность, кажущаяся нам лучшей, будет казаться такой и другим. К счастью, читатель не полностью связан нашим выбором. Например, в курсе термодинамики Калифорнийского университета, о котором мы говорили, первый и второй закон и их приложения к простым системам рассматриваются раньше, чем студент сталкивается с тонкими вопросами термодинамики растворов. Поэтому наша глава о третьем законе термодинамики и энтропии одноатомных газов может непосредственно следовать за первыми главами о первом и втором начале. В целом мы должны заметить, что желание представить весьма обширный материал в пределах обозримого тома потребовало определенной краткости, не допускающей частых повторов и выводов, желательных с педагогической точки зрения. Это мы предостав-

ляем самому читателю, который должен учитывать, что наш предмет мало пригоден для легкого чтения, а скорее требует длительного и повторного изучения.

Каждый автор, как мы полагаем, считает принятые им обозначения за самые лучшие из всех возможных. Если же мы, в частности, являемся жертвой подобных галлюцинаций, то единственное, что нам хотелось бы публично заметить, это то, что наша система номенклатуры и обозначений возникла постепенно на протяжении многих лет практической работы и преподавания многим типам студентов. Что же касается полной арифметической и типографической точности, то мы полагаем ее недостижимой простым человеческим силам. Мы приложили все силы к тому, чтобы избежать грубых ошибок. Однако, если нам это не удалось, то мы будем благодарны читателю за любое указание на ошибки, которые он обнаружит.

Многие исследования, лежащие в основе этого труда, обязаны материальной помощи фонда Баха Национальной Академии наук и фонда Румфорда Американской Академии искусств и наук. Глубокую благодарность за помощь и критику, которую невозможно полностью высказать, мы выражаем нашим студентам и коллегам. Нам хотелось бы указать многих, чтобы более конкретно выразить нашу сердечную благодарность. Но мы не можем не поблагодарить за помощь со стороны Томаса Фрезера Юнга, чье беззаветное содействие в расчетах свободной энергии так способствовало достижению точности этих данных.

Итак, мы заканчиваем нашу беседу с читателем. Если на протяжении этой книги мы сможем раскрыть перед читателем часть красоты и простоты термодинамического метода, если нам удастся убедить нескольких химико-технологов в исключительной практической ценности результатов термодинамических расчетов, если мы в какой-либо мере содействовали превращению химии в точную науку, то наш труд будет вознагражден.

Беркли, Калифорния,
октябрь 1922.

ВАЛЕНТНОСТЬ И СТРОЕНИЕ АТОМОВ И МОЛЕКУЛ

Предисловие

Я полагаю, что монография данного рода относится к эфемерной научной литературе, и здесь неуместно то вдумчивое внимание, которое оправдано при рассмотрении более медленно развивающихся областей науки. Скорее пером журналиста мы должны пытаться охватить мгновенное состояние быстротекущей современной мысли, которая в любой момент может измениться с калейдоскопической внезапностью.

Поэтому вполне возможно, что некоторые утверждения в этой книге скоро придется пересмотреть, хотя я и полагаю, что это скорее вопрос деталей, чем сущности. В течение семи лет, которые прошли с появления моей предыдущей публикации о структуре молекул и природе химической связи, я не увидел большой необходимости изменить те взгляды, которые тогда были предложены, хотя к ним теперь многое прибавилось. Поэтому я буду предполагать, что в данной книге я не грешу в отношении прошлого, хотя я полностью сознаю свои прегрешения в полноте охвата. Всякая попытка быть на уровне современных достижений совершенно невозможна в области науки, где по стольким направлениям непрерывно растут наши знания об атомах и молекулах, особенно для того, кто читает литературу лишь поверхностно и невнимательно.

Недаром те же самые атомы и те же самые молекулы изучаются химиком-органиком, химиком-неоргаником и физиком. Удивительно точные выводы спектроскописта и гораздо более расплывчатые, но не менее трудные обобщения тех, кто изучает соединения углерода, каждый по мере своих сил, развивают наше понимание того микрокосмоса, который кажется нам все более таинственным по мере того, как раскрывается перед нами его природа. Именно с этой мыслью первые главы я посвятил попытке ознакомить химиков с некоторыми наиболее потрясающими достижениями современной физики.



ХИНШЕЛВУД

(1897—1967)

Сирилл Норман Хиншелвуд родился в Лондоне в семье клерка. Во время первой мировой войны он работал на заводе взрывчатых веществ, где показал себя исключительно способным работником. В 1920 г. Хиншелвуд окончил Оксфордский университет, с которым в дальнейшем была связана вся его научная и преподавательская деятельность. В 1937 г., после ухода Содди, он принял кафедру химии, которой заведовал до своей отставки в 1964 г. Умер Хиншелвуд в Лондоне.

Его многочисленные работы в основном посвящены физической химии, в особенности кинетике химических реакций; именно за эти исследования Хиншелвуд совместно с академиком Н. Н. Семеновым получил Нобелевскую премию по химии в 1956 г. В течение 5 лет Хиншелвуд занимал пост президента Королевского общества; он также был иностранным членом Академии наук СССР. Интересы Хиншелвуда были разнообразными. Будучи блестящим лингвистом, он хорошо владел русским языком.

Мы приводим введение к первой книге Хиншелвуда «Кинетика реакций в газовой фазе» (1926) и предисловие к его итоговой обзорной монографии «Структура физической химии» (1951), которым заканчивается этот раздел.

КИНЕТИКА РЕАКЦИЙ В ГАЗОВОЙ ФАЗЕ

Введение

Попытки понять истинный механизм химических превращений естественно следуют за развитием структурной химии. Путь исследований легко иллюстрировать на очень простых примерах. Известно, что водород и кислород в свободном состоянии состоят из двухатомных молекул и что вода образуется в результате перестановки атомов, которую можно выразить уравнением $2H_2 + O_2 = 2H_2O$. Более того, замечено, что при обычных температурах кислород и водород могут сколь угодно долго находиться в контакте без того, чтобы заметным образом проходила бы реакция, в то время как при высоких температурах они реагируют с большей скоростью. При промежуточных температурах происходит медленное соединение, занимающее минуты, дни или годы. Тотчас же возникает задача: происходит ли это медленное соединение тогда, когда две молекулы водорода соприкасаются с одной молекулой кислорода. Однако сравнение с аналогичной реакцией $2NO + O_2 = 2NO_2$, происходящей уже с исключительно высокой скоростью при таких температурах, при которых соединение водорода и кислорода происходит неизмеримо медленно, показывает, что наличие необходимых молекулярных столкновений не является единственно необходимым условием. Столкновения должны, очевидно, происходить между молекулами, находящимися в каком-то особом состоянии.

Еще в более фундаментальном виде этот вопрос возникает тогда, когда мы рассматриваем такие изменения, как медленное разложение пятиокиси азота, и мы должны искать причины того, почему молекулы не разлагаются все сразу или не разлагаются вовсе. Таким образом, химические превращения, занимающие конечное время, показывают, что все молекулы находятся не в одном состоянии; и если бы они были в одном состоянии, то некоторые химические превращения должны были бы происходить с бесконечной скоростью, если бы они могли происходить вообще.

Несмотря на то, что медленные химические изменения привлекали внимание ранних и менее глубоких исследователей, никаких определенных мыслей о сокровенной природе химических превращений не могло бы образоваться до того, как были предприняты количественные исследования скорости реакций. Впервые такие измерения произвели Харкурт и Эссон. Их работы и исследования Вант-Гоффа по химической динамике заложили основы всего этого направления.

Наше внимание будет ограничено скоростью химических превращений в газах. Реакция в газах имеет особое преимущество для исследований, которые должны выяснить механизм химических превращений, посколь-

ку кинетическая теория газов предоставляет достаточно детальные сведения о их внутреннем состоянии. Наши знания о жидком состоянии отрывочны и не очень удовлетворительны. Вопрос о той степени, в которой жидкости полимеризованы, если это вообще имеет место, может быть выяснен лишь более или менее качественно. Нет точных данных о длине свободного пробега молекул в жидкости, и это мешает нам дать расчет числа соударений. Более того, степень, в которой молекулы жидкости сольватированы, и даже точный смысл слов, который следует придавать выражению сольватация, все еще спорны. Как показал Меншуткин, влияние растворителя на скорость химических превращений молекул в растворе колоссально. Очевидно, что здесь существенно взаимодействие между растворителем и растворенным веществом; однако его природа неясна, и все попытки установить какую-либо связь с физическими свойствами растворителя, такими как диэлектрическая постоянная, до сих пор были бесплодными. В растворах часто роль играет ионизация, однако сложный характер этого явления хорошо иллюстрируется тем, что называют двойственной теорией катализа, по которой многие примеры катализа кислотами были объяснены с помощью предположений об активности как иона водорода, так и не диссоциированной молекулы кислоты. Относительная эффективность их связана с силой кислоты.

СТРУКТУРА ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Предисловие

Физическая химия трудна и разнообразна. Трудность предмета, конечно, может быть преодолена необходимым усердием, а с разнообразием в известной степени можно справиться путем разумной специализации. В определенных пределах это удовлетворительно, но оставляет желать большего, поскольку есть еще место для более свободных и широких обобщений, выходящих за границы поверхностных интересов дилетанта. Вследствие длительного опыта преподавания в университете, мне стало казаться, что таким подходом в значительной мере пренебрегают, и поэтому я решил написать книгу, ограниченную по своему охвату и никоим образом не заменяющую более полные труды, но такую, в которой основной упор будет дан на структуру и непрерывность понятий всего предмета и в которой будет сделана попытка показать отношение различных частей этой науки друг к другу. Некоторые темы, или то, что мы могли бы назвать лейтмотивами, проходят через всю физическую химию и именно они могут помочь объединить все наши представления.

Рассмотрение не будет ни историческим, ни формально дедуктивным. На каждой ступени я стремлюсь указать путь, по которому пытливый ум мог бы наиболее простым и естественным путем перейти к попыткам понять ту часть природы вещей, которая заключена в физической химии. Этот подход я осмелился назвать гуманистическим. Для человечества, без сомнения, истинным предметом изучения является сам человек; однако одним из основных видов его деятельности стало исследование вещей.

Помимо рассмотрения предмета как целого, есть еще вопрос трезвого видения. В современной физической химии особенно важно быть ясным и честным в определении основных понятий. Это не так просто, как кажется. Некоторые общепринятые понятия выражены в словах, которым часто приписывают бóльшую значимость, чем они того заслуживают, и многие молодые химики, по крайней мере по моему мнению, думают, что понимают вещи, когда это не так. Кажется, что нечто простое и непосредственное передается такими словами, как «резонанс» или «активность», тогда как, строго говоря, этого совершенно нет. Некоторые описания, примеры которых легко привести, напоминают слова Алисы в стране чудес: «Каким-то образом это наполняет мою голову идеями, однако я точно не знаю, в чем они заключаются». Многие математические уравнения весьма отвлеченного свойства, которые служат существенным вспомогательным средством в современной теории, приобретают опасную соблазнительность, поскольку они с готовностью прикрываются метафорами. Эти образные одеяния часто полезно рассматривать глазами ребенка, который разглядывает новое платье короля. Всюду, где это возможно, я стремился помочь непосвященному читателю понять, в чем именно состоит действительное содержание таких теорий.

С другой стороны, я не пытался дать утонченный анализ таких понятий, как вероятность или статистическое равновесие, поскольку нетрудно иметь рабочее понимание этих понятий, хотя пуристы могли бы подвергнуть уничтожающей критике практически любое определение, за исключением лишь самого глубокого. Однако слишком детальный анализ скрыл бы тот общий план, который я и стремился раскрыть.

Таким образом, предпринятое мною изложение, скромное по своему масштабу, несомненно содержит несколько скоропалительных компромиссов; но поскольку книга никоим образом не претендует на превосходство или замену других источников (которым она несомненно обязана), то я надеюсь, что моя смелость довольно обоснована.

Наконец, я хочу выразить свою признательность многим коллегам, которые различным образом мне помогли. Я благодарен доктору Р. Ф. Барроу за правку верстки и персоналу издательства Кларендон Пресс (Оксфорд) за помощь, превосходящую ту, на которую автор имеет право рассчитывать.

VI. ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ



ЛИННЕЙ

(1707—1778)

Карл Линней родился в Росхульте (Швеция) в семье пастора. Дав сыну хорошее домашнее образование, отец надеялся, что тот станет священником. Но несмотря на прививавшуюся ему с юности религиозность, Линней приобрел отвращение к богословию. Без особого блеска окончив гимназию, он уже в школьные годы проявил интерес к естествознанию; поучительна своеобразная характеристика, данная при выпуске из гимназии будущему великому ботанику: «Юношу в школе можно сравнить с саженцем в саду, из которых иногда иной, хотя и редко, пренебрегает как бы всеми заботами садовника, но будучи пересаженный на другую почву, он может стать плодоносящим деревом».

Линней учился в двух знаменитых университетах Швеции — сначала в Лунде, а затем в Упсале, где в 1730 г. он стал ассистентом-ботаником. Очень существенным для молодого ученого оказалось путешествие в Лапландию. Линней прошел пешком почти 7000 *км,* подробно изучив этот северный край Скандинавии. Затем Линней провел три года у Буркава в Голландии, где он и получил степень доктора медицины. В Голландии он написал и впервые издал в 1735 г. свою «Систему природы», первоначально изложенную на 12 страницах. С 1733 г. Линней практиковал в Стокгольме врачом;

в 1741 г. он получил кафедру медицины и ботаники в Упсале. Там же, в этой древней столице Швеции, он умер признанным «князем ботаники», ученым, оказавшим огромное влияние на развитие естествознания как в своей стране, так и во всем мире.

Линней был исключительно работоспособным и трудолюбивым человеком. Скуповатый, упорный, знающий себе цену, он обладал предприимчивым и живым характером. Блестящий лектор, он пользовался популярностью среди студентов и учеников; тем не менее его недолюбливали коллеги. Линней участвовал в создании Шведской Королевской Академии наук и в 1739 г. стал ее первым президентом.

Линней написал ряд книг, главным образом по ботанике, из которых главная — «Виды растений» — является трудом, оказавшим исключительное влияние на все развитие систематики в биологии. Несмотря на то, что система Линнея была искусственной, введенный им биноминальный принцип наименования сохранил свое значение и стал общепринятым. Подход Линнея получил свое завершение в знаменитой «Системе Природы».

Мы приводим предисловие к «Видам растений» (1753).

ВИДЫ РАСТЕНИЙ

Предисловие

Благосклонный читатель.
Как существо чувствующее, человек созерцает мир, представляющий театр Всемогущего и наполненный величайшими чудесами, свидетельствующими о его всеведающей мудрости. Человек — своего рода гость, и, участвуя в радостях жизни, ему должно признавать величие Господа. Недостоин внимания был бы тот, кто, подобно скоту, стремился бы лишь угодить своему чреву и не знал бы цены и величия дел своего хозяина.

Чтобы быть достойными гостями в нашем мире, нам следует подробно рассмотреть дела Творца, которые это верховное существо столь тесным образом связало с нашим благополучием, что мы не нуждаемся ни в чем необходимом, и чем больше мы понимаем Его дела, тем больше они дают пользу людям.

Чтобы приобрести знания о них, необходимо соединить между собой точное и определенное *понятие* с определенным *названием*. Пренебрежение этим приведет к тому, что все множество вещей нас подавит и всякий обмен сведениями прекратится из-за отсутствия общего языка.

Таким образом возникли естественные науки, объединяющие в *физике* и *химии* элементы природы, а в *зоологии, ботанике* и *минералогии* — три царства Природы.

Мне доставляет радость представить здесь ботанику как особый предмет моих занятий, в которой ранее были известны лишь немногие растения, а сегодня же обилие материала сделало ее наиболее обширной из наук.

Неистощимым усилиям ученых последнего времени, среди которых особо следует назвать *Клаузиуса, Колонна, братьев Богенов, Эрманна, Рэда, Шерарда, Рейя, Плюкнета, Турнефора, Плюмьера, Вайанта, Диллениуса, Гмелина* и других, мы обязаны знаниями о гораздо большем числе растений, чем то, которое было известно в древности.

Ранее знание растений заключалось в сведениях о произвольных названиях, запечатленных в *памяти*, и подкреплялось рисунками.

Порядок, помогающий памяти и придающий науке твердую основу, был установлен мудростью систематиков, в первую очередь таких выдающихся людей, как *Гезнер, Чезальпино, Баугин, Морисон, Эрманн, Турнефор, Вайант, Диллениус* и другие.

Ариаднина нить систематиков обрывается *родами*. Их я стремился продолжить *видами*, создав соответствующие отличительные признаки, чтобы их точно определить, поскольку *всякое истинное знание основано на знании вида*. Если этого нет, то любая запись становится неопределенной, как в записях различных *путешественников*.

Для того, чтобы глубже познакомиться с видами растений, я посетил горы *Лапландии*, проехал через всю *Швецию*, часть *Норвегии, Дании, Германии, Нидерландов, Англии, Франции*. Я усердно изучил ботанические сады *Парижа, Оксфорда, Челси, Гарткампа, Лейдена, Утрехта, Амстердама, Упсалы* и других мест. Я просматривал гербарии *Бурсера, Эрманна, Клиффорда, Бурмана, Ройэна, Слоана, Шерарда, Бобарта, Миллера, Суриана, Турнефорта, Вайонта, Жюссье, Бэка* и других. По моему побуждению мои некогда любимые студенты отправились за границу: *Калм* в Канаду, *Хассельквист* в Египет, *Осбек* в Китай, *Лоэфинг* в Испанию, *Монтен* в Лапландию, и оттуда они присылали мне собранные растения. Более того, из различных стран мои друзья ботаники посылали мне много семян и высушенных растений — в особенности *Жюссье, Ройэн, Геснет, Вахендорф, Сибтроп, Монти, Гледич, Крашенинников, Минуарт, Велец*, а также барон *Мюнхаузен*, барон *Билке*, барон *Ратгеб*, дворяне *Демидов, Коллинсон, Торен, Брад* и другие. *Клиффорд* дал мне все свои дубликаты, *Лагестром* — многие экземпляры из Восточной Индии, *Гроновиус* — растения из Виргинии и *Гмелин* — почти все растения из Сибири, *Соваж* — всю свою коллекцию — редчайший и неслыханный случай, благодаря которому я приобрел необычно богатое собрание растений.

До того как я укажу на определенные отличительные признаки для немалого числа растений *лапландской флоры, флоры Швеции* и *Зеландии*, растений из *гербария Клиффорда* и *Упсалы*, я замечу, что выдающиеся ботаники *Гроновиус, Ройэн, Вахендорф, Гортер, В. Жюссье, Ле Моньер, Гэтард, Далибар, Соваж, Колден и Хилл* приняли те же прин-

ципы. В некоторой степени то же сделали *Галлер, Гмелин* и другие, чьи труды привели к установлению ряда новых видов.

Ради всех изучающих ботанику, эти рассеянные названия я намереваюсь собрать вместе, прибавив сюда растения, недавно приобретенные, и сведя все в единую систему. Хотя многие *виды* будут еще найдены, более яркие и приметные *признаки* будут еще обнаружены и более точные *названия* будут предложены, я должен был иногда исправлять отличительные признаки, как бы превосходны они ни были.

Нелегко определить существенные признаки для видового названия. Действительно, для этого требуется хорошее знание многих *видов*, весьма тщательное исследование *частей растений*, выбор *отличительных признаков* и, наконец, такое обращение с *терминологией*, чтобы описать их наиболее кратко и уверенно.

Чтобы не смешивать сомнительные растения с теми, которые установлены точно, я опустил все, что не видел, поскольку часто был обманут другими авторами. Если же случалось, что я не мог как следует изучить растение или же я располагал дефектным экземпляром, то это отмечено знаком «†», чтобы другие могли предпринять более полное рассмотрение. Если же, Бог даст, кто-либо пришлет мне растения, не названные в этой небольшой книжке, то в следующем издании я их опишу с почетным упоминанием их предоставившего.

Число растений во всем мире несомненно гораздо меньше, чем считалось, и я на основании достаточно точных оценок полагаю, что их число едва достигает 10 000.

Общеупотребительные названия я вынес на поля книги с тем, чтобы просто представить одно растение одним названием; правда, эти названия я приводил без особого выбора, оставив это для другого случая. Однако я хотел бы со всей серьезностью предупредить всех разумных ботаников не предлагать общеупотребительные названия без соответствующих характерных отличий, чтобы не допустить возврата науки к прежнему несовершенству.

Для европейских растений я включил очень небольшое число синонимов, удовлетворившись выдающимся «*Иллюстратором*» *С. Баугина*. Однако для экзотических растений указано несколько синонимов, поскольку они сильнее различаются и менее привычны.

Чтобы сделать справочник доступным для начинающих, в сомнительных случаях необходимо было добавить описания, исключающие какие-либо неопределенности.

Место произрастания указано обычным для меня образом. Для более известных растений *кустарники* отмечены знаком ♄, *многолетники* ♃, двухлетники ♂ и однолетние растения ⊙.

Я использовал (и добавил) несколько *новых родов*, некоторые я *не изменил* и в новом издании «Родов растений» в скором времени я предполагаю их привести.

Я никогда не возвращал стрелы моих противников. С невозмутимым сознанием я переносил жестокие нападки, обвинения, издевки и насмешки (во все века награждающие труды выдающихся людей). Я не завидую их авторам, если они так добиваются славы у толпы. С этим я примиряюсь, не пошевелив пальцем, и не стоит ли мне сносить всю эту несправедливость, если я награжден высшими похвалами истинных и действительно признанных ботаников, с которыми мои противники должны считаться. Ни мои трудно прожитые годы, ни положение, которое я занимаю, ни мой характер не позволяют мне воздать моим врагам око за око, зуб за зуб, и то недолгое время, которое мне осталось, я спокойно уделю более полезным наблюдениям. Явления природы следуют своим законам, и так же как ошибки в суждении о них не могут быть оправданы, истина, опирающаяся на наблюдения, не может быть растоптана даже целым сонмом ученых. Пусть судят меня внуки, ибо:

Зависти пища — живой; как умрешь, успокоится зависть.
Каждому будет тогда в меру зависти почет [1].

Написано 2 мая
1753 года в Упсале.

[1] Овидий. Песни любви, I, 15, 39, пер. Н. И. Шатерникова.



ГУМБОЛЬДТ

(1769—1859)

Александр Фридрих Вильгельм Гумбольдт родился в Берлине, в семье прусского офицера. Он учился в Геттингене, где большое влияние на него оказал натуралист и путешественник Форстер. Далее он продолжил свое образование в Фрейбургской горной Академии, которую окончил в 1791 г. Некоторое время Гумбольдт работал чиновником Горного департамента в Берлине, затем обер-бергмейстером в Байрейтском и Ансбахском горных округах. С 1790 г. он много путешествовал по Европе и посетил почти все основные ее страны. Получив наследство, в 1797 г. Гумбольдт оставил службу, и в 1799 г. вместе с французским ботаником Бонпланом предпринял пятилетнее путешествие в Америку для исследования природы обоих ее континентов. Вернувшись в Европу, он 20 лет обрабатывает свои наблюдения, методика которых стала примером для многих последующих исследователей. Его путевые заметки привлекли всеобщее внимание, а в 1807 г. Гумбольдт выпустил одно из своих наиболее известных сочинений — «Картины природы», часть которого посвящена географии растений (раздел ботаники, созданный Гумбольдтом).

В 1829 г. шестидесятилетний ученый совершил длительное путешествие по России — через Средний Урал к Алтаю. Возвратившись в Берлин, Гумбольдт в течение

ряда лет вместе с Гауссом занимался организацией сети магнитных и метеорологических обсерваторий. В это же время Гумбольдт начал работу над синтетической картиной мироздания «Космос»; однако смерть застала его в работе над пятым томом этого всеобъемлющего сочинения.

Идеи и концепции Гумбольдта оказали большое влияние на становление физической географии, метеорологии, геологии, а затем и геофизики. Он был выдающимся популяризатором науки, известным и читаемым во всем мире. Гумбольдт был принят и при Прусском дворе, и популярен среди своих студентов. Брат Александра Гумбольдта Вильгельм был известным филологом, философом, языковедом и государственным деятелем. Ныне имя братьев Гумбольдтов носит Берлинский университет ГДР.

Мы приводим предисловие к труду «Идеи о географии растений» (1807).

ИДЕИ О ГЕОГРАФИИ РАСТЕНИЙ

После пятилетнего отсутствия в Европе, после пребывания в странах, многие из которых никогда еще не посещались естествоиспытателями, мне следовало бы, быть может, спешить с кратким ознакомлением описания моего путешествия. Я смею себе даже льстить, что такая поспешность отвечала бы желанию общества, значительная часть которого проявила такое ободряющее внимание как в отношении моей личной безопасности, так и в отношении успеха моего предприятия.

Но я подумал, что полезнее будет для науки, прежде чем говорить о себе и о тех препятствиях, которые я должен был преодолеть в тех отдаленных странах, дать общую картину главных результатов наблюдавшихся мною явлений.

Такой картиной природы и является этот труд, который я в настоящее время и смею предложить вниманию натуралистов, отдельные части которого получат в дальнейших моих работах более детальную разработку.

В этой картине природы я сопоставляю все явления, наблюдаемые нами как на поверхности нашей планеты, так и в атмосфере, которая ее окружает. Естествоиспытатели, знакомые с современным состоянием наших опытных знаний, в особенности в области метеорологии, не удивятся, увидев, что столько разнообразных предметов рассматриваются на протяжении столь немногих страниц.

Но мой труд сделался бы еще короче, если бы я смог потратить больше времени на их обработку, так как моя картина природы должна была бы представлять собою лишь общие точки зрения, лишь верные факты, выраженные в точных цифрах.

Начиная с моей ранней юности, я подбирал идеи для подобного труда. Свой первый набросок географии растений я передал в 1790 г. знаменитому спутнику Кука, моему другу Георгу Форстеру, имя которого я никогда не могу произнести без чувства глубокой благодарности. Изучение различных областей физико-математических знаний, которыми я после того занимался, дало мне возможность расширить эти мои первые идеи. Но в особенности я обязан моему путешествию в тропические страны материалами для этой работы. В созерцании объектов, которые я должен был описывать, в окружении мощной, но по самой ее внутренней борьбе благодетельной природы у подножья Чимборасо, я написал бóльшую часть из этих страниц. Я считал необходимым озаглавить их «Идеи о географии растений». Всякое другое, менее скромное, заглавие сделало бы более заметным несовершенство моего труда, так что его не спасло бы и само снисхождение общества.

Оставаясь верным направлению эмпирического исследования природы, которому была до сих пор посвящена моя жизнь, я и в этом труде расположил многочисленные явления скорее одно рядом с другим, а не представил их, углубляясь в природу вещей, в их внутренней связи между собой.

Это положение, указывающее тот исходный момент, с точки зрения которого, я смею надеяться, меня будут оценивать, должно вместе с тем свидетельствовать и о том, что когда-нибудь станет возможным представить натурфилософски картину природы совершенно другого рода и гораздо более высокого порядка. Как раз такая возможность, в которой я до моего возвращения в Европу сам почти сомневался, такого рода сведéние всех явлений природы, всякой деятельности созидания к никогда не прекращающейся борьбе взаимно противостоящих основных сил материи получило обоснование в смелом труде одного из наиболее глубокомыслящих людей нашего столетия.

Не будучи вполне чуждым духа шеллинговской системы, я далек от убеждения о вредности чисто натурфилософского подхода для эмпирического знания, так же как и в необходимости вечного столкновения эмпириков и натурфилософов, как двух враждующих полюсов. Немногие из натуралистов жаловались так громко, как я, на неудовлетворительность современных теорий и характер их изложений; немногие так определенно заявляли о своем неверии в существование специфической разницы в так называемых основных веществах («Опыты раздражения мускулов и нервных волокон», т. I, стр. 376, 422; т. II, стр. 34, 40).

Кто же может с большей радостью, чем я, принять систему, которая, отбросивши атомистику и односторонние воззрения, последователем которых и я сам некогда был и которые сводят все разнообразие материи просто к различию в плотности и заполнении пространства, обещает пролить яркий свет на организм и на до сих пор естествознанию недоступные явления тепла, магнетизма и электричества.

Картина природы, которую я здесь даю, основывается на наблюдениях, установленных отчасти мною одним, отчасти совместно с Бонпланом. Соединенные в течение долгих лет узами тесной дружбы, пережившие вместе все тягости жизни в неразвитых странах и в условиях неблагоприятных климатов, мы решили, что все работы, которые явятся плодом нашей экспедиции, должны носить наши оба имени.

В процессе написания этого труда в Париже я пользовался часто советом знаменитых ученых, в тесном контакте с которыми я имел счастье жить. Лаплас, имя которого не нуждается в моих похвалах, принял с момента моего возвращения из Филадельфии самое теплое участие в обработке сделанных мною в тропиках наблюдений.

Его все просвещающее, благодаря громадности эрудиции и силе гения, участие имело на меня такое же живительное влияние, как и на любого из молодых людей, которым он охотно жертвует свои немногие свободные часы.

Обязанности дружбы требуют, чтобы я назвал и Био. Его проницательность естествоиспытателя в счастливом сочетании с точностью математика способствовали тому, что он был очень полезен при обработке моих путевых наблюдений.

Многие данные о распространении плодовых деревьев я заимствовал из прекрасного труда Синклера. Де-Кандоль и Рамон сообщили мне интересные факты по географии растений в Швейцарских Альпах и Пиренеях.

Другими же сведениями я обязан классическим произведениям моего старого друга и учителя Вильденова. Казалось целесообразным бросить взгляд на умеренную зону и сопоставить распространение европейских видов растений с южноамериканскими.

Я не могу опубликовать первые результаты своего путешествия в тропические страны, не воспользовавшись возможностью принести испанскому правительству, которое в течение целых пяти лет оказывало исключительное содействие моему путешествию, дань моей глубокой и почтительной благодарности.

Работая в условиях такой свободы, которые до того ни одному чужестранцу или вообще частному человеку не были предоставлены, живя среди благородной нации, которая несмотря на давление событий сохранила присущие ей характерные черты, я почти не знал в этих отдаленных странах других препятствий, кроме тех, которые природа ставит перед человеком.

Воспоминание о моем пребывании в Новом свете всегда будет связано с живейшим чувством благодарности за любезные отношения, испытанные мною как в испанских колониях обоих полушарий, так и в североамериканских свободных штатах, со стороны всех классов населения.

Рим, июль 1805 г.



ЛАМАРК

(1744—1829)

Жан Батист Пьер Антуан де Моне Шевалье де Ламарк родился в Базантине, на севере Франции. Он был самым младшим из одиннадцати детей в большой семье мелкого помещика. Жан Ламарк окончил иезуитскую школу в Амьене и шестнадцати лет отправился на войну, которую Франция тогда вела с Англией и Германией. Он участвовал в боях в Нидерландах; был ранен, за храбрость получил офицерское звание. Однако будущий натуралист оставил традиционную для семьи военную карьеру. В 1772 г. он направился в Париж, где поступил на медицинский факультет Сорбонны. К этому времени относится и возникновение глубокого интереса Ламарка к ботанике. Проучившись 4 года в Университете, но так и не получив диплома врача, Ламарк начинает работать в Ботаническом саду, ставшем благодаря Бюффону к тому времени выдающимся научным учреждением.

В 1778 г. Ламарк публикует свою «Флору Франции», явившуюся существенным вкладом в систематику растений. Вскоре его избирают в адъюнкты Парижской Академии. В последующие годы Ламарк совершает длительное путешествие, знакомясь с коллекциями растений и ботаническими садами Европы.

После Великой Французской революции Королевский Ботанический сад был пре-

образован в Музей Естественной Истории с шестью кафедрами для преподавания естественных наук. Ламарк получил там кафедру зоологии, хотя он и был ботаником. С этого времени он начал систематические исследования в области зоологии беспозвоночных. Его работы завершились публикацией фундаментальной семитомной «Естественной истории беспозвоночных» (1815—1822), в введении к которой содержится изложение эволюционных представлений Ламарка, оказавших прямое влияние на Дарвина.

Годы профессорской деятельности Ламарка отмечены выходом и ряда других работ, посвященных проблемам геофизики и метеорологии. Большое влияние на развитие естествознания оказала его монография «Гидрогеология» (1802), где Ламарк выступил с теорией постепенного изменения лика Земли под действием вод, ветра и солнца, отвергая предположения о мировых катастрофах, признававшихся тогда многими учеными за главные причины развития земли и живого. Заметим, что в этой книге Ламарк широко ввел название науки о жизни — биология.

За 10 лет до смерти Ламарк ослеп; умер он в возрасте 85 лет на руках у двух своих дочерей, одинокий и забытый соотечественниками. Ниже следует предисловие к «Философии зоологии» (1809), основному его сочинению.

ФИЛОСОФИЯ ЗООЛОГИИ

или изложение мыслей, относящихся к естественной истории животных; к разнообразию организации этих живых тел и их способностей; к физическим причинам жизни и органическому движению; к причинам чувств и разума

Опыт преподавательской деятельности заставил меня почувствовать, насколько полезна была бы теперь *философия зоологии,* т. е. собрание правил и принципов, относящихся к изучению животных и одновременно приложимых и к другим разделам естественных наук, насколько полезна была бы она именно теперь, когда наши знания фактов из области зоологии достигли, примерно за последние тридцать лет, столь значительных успехов.

Вследствие этого я и попытался дать набросок такой философии, чтобы использовать его в моих лекциях и облегчить моим ученикам понимание того, что я им излагаю. Иной цели у меня тогда не было.

Но для того, чтобы выработать принципы и на основании их установить правила, которыми следовало руководствоваться при изучении предмета, я вынужден был заняться рассмотрением организации различных известных нам животных; обратить внимание на своеобразные различия в организации животных каждого семейства, каждого отряда и в особенности каждого класса; сравнить способности, которыми эти животные обладают, в соответствии со степенью сложности их организации у каждой породы и, наконец, исследовать наиболее общие явления этой

организации во всех главных случаях. Поэтому я вынужден был постепенно включать в круг своего внимания проблемы, представляющие величайший научный интерес, и обратиться к исследованию наиболее сложных вопросов зоологии.

Мог ли я в самом деле быть свидетелем исключительно интересной деградации, наблюдаемой в организации животных, при рассмотрении образуемого ими ряда, от наиболее совершенных и до самых несовершенных из них, не пытаясь исследовать причины этого неоспоримого и замечательного факта, очевидность которого подтверждается столькими доказательствами? Не должен ли я был прийти к мысли, что природа создавала различные живые тела, постепенно переходя от самого простого к самому сложному, ибо, если подыматься по лестнице животных от самых несовершенных и до наиболее совершенных из них, мы увидим, что организация становится все сложнее и совершеннее? Эта мысль приобрела в моих глазах характер безусловной достоверности, после того как я установил, что простейшей организации не свойствен ни один специальный орган и что живые тела с подобной организацией обладают только теми способностями, которые присущи всем живым телам вообще, но ни одной, присущей исключительно им; когда я понял, что по мере того как природа создала один за другим различные специальные органы и все более и более усложняла организацию животных, последние приобретали соответственно степени сложности их организации различные специальные способности, которые у наиболее совершенных животных являются многочисленными и даже выдающимися.

Эти соображения, которым я не мог не уделить внимания, привели меня вскоре к исследованию вопроса, что представляет собой в действительности жизнь, и к изучению тех условий, которых требует это естественное явление для своего возникновения и сохранения в (одаренном жизнью) теле. Я, не колеблясь, приступил к этим исследованиям, так как был убежден, что надлежащие средства для решения этой, по-видимому, столь сложной проблемы могут быть получены исключительно путем изучения наиболее простой организации, ибо только она представляет совокупность тех условий, которые необходимы для существования жизни, и не осложнена в то же время ничем, что могло бы ввести нас в заблуждение.

Но так как все условия, необходимые для существования жизни, уже представлены полностью на низшей ступени организации, будучи доведены здесь до предельной простоты, то предстояло выяснить вопрос, каким образом эта организация благодаря тем или иным видоизменяющим ее причинам могла произвести другие, менее простые ее формы и обусловить постепенное появление все более и более сложных систем организации, наблюдаемых нами на всех ступенях лестницы животных. И вот, опираясь на два приведенных ниже положения, к которым я пришел путем наблюдений, я нашел, как мне кажется, решение интересующей меня проблемы.

Во-первых, множество известных нам фактов доказывает, что непрерывно возобновляемое употребление органа способствует его развитию, укрепляет и даже увеличивает его, между тем как отсутствие употребления, сделавшееся для какого-либо органа привычным, вредит его развитию, ослабляет и постепенно уменьшает его, и наконец, приводит к его исчезновению, если это отсутствие употребления длительно сохраняется у всех индивидуумов последующих поколений. Отсюда ясно, что когда изменение обстоятельств вынуждает индивидуумы какой-либо породы животных изменять свои привычки, то менее употребляемые органы мало-помалу уничтожаются, между тем как более употребляемые усиленно развиваются и приобретают мощь и размеры, соответствующие привычному их употреблению индивидуумами данной породы.

Во-вторых, размышляя о сущности движения флюидов внутри содержащих их крайне податливых частей живых тел, я вскоре убедился, что, по мере ускорения движения этих флюидов, последние преобразуют клеточную ткань, в которой они движутся, открывают себе в ней проходы, формируют там разного рода каналы и, наконец, создают в ней различные органы, отвечающие состоянию той организации, в которой эти флюиды находятся.

На основании этих соображений, я пришел к окончательному выводу, что *движение флюидов* внутри тела животных, постепенно ускоряющееся с усложнением организации, с одной стороны, и *влияние новых обстоятельств*, возникавших для животных по мере их расселения во всех пригодных для обитания местах,— с другой, было двумя главными причинами, приведшими различных животных к тому состоянию, в котором мы видим их в настоящее время.

Я не ограничился в этом труде рассмотрением условий, необходимых для существования жизни в телах простейшей организации, и указанием причин, обусловивших постепенное усложнение организации, начиная с самых несовершенных животных и кончая наиболее совершенными из них. Считая возможным открыть физические причины способности *чувствовать* — этой способности, присущей столь многим животным, я, не колеблясь, занялся и этим вопросом.

В самом деле, будучи убежден, что материя, какова бы она ни была, не может обладать способностью *чувствовать*, и понимая, что чувство является не чем иным, как продуктом определенной системы органов, способной его произвести, я стремился найти тот органический механизм, который мог обусловить это удивительное явление, и мне кажется, что я нашел его.

Собрав наиболее достоверные наблюдения в данной области, я имел возможность убедиться, что для того, чтобы животные могли обладать способностью *чувствовать*, требуется уже весьма значительная сложность нервной системы, и еще бóльшая — для того, чтобы обусловить у них *акты мышления*.

Эти же наблюдения убедили меня в том, что нервная система в той

ее наиболее несовершенной форме, в какой она представлена у тех из низших животных, у которых она впервые появляется, способна только возбуждать мышечные движения, но не может еще произвести явление *чувствования*. В этом состоянии она представляет лишь ряд нервных узелков с отходящими от них волокнами и не образует ни узловатого продольного, ни спинного, ни головного мозга.

На более высокой ступени своего развития нервная система состоит из головной мозговой массы удлиненной формы, представленной либо узловатым продольным, либо спинным мозгом, передний конец которого образует головной мозг, являющийся очагом ощущений и исходной точкой для нервов специальных органов ощущений, по крайней мере некоторых из них. Животные, имеющие такую нервную систему, обладают способностью чувствовать.

Далее я пытался выяснить механизм, при посредстве которого осуществляется *ощущение*, и показал, что у индивидуума, лишенного органа ума, ощущение производит только *восприятие*, но не может вызвать у него никаких представлений, и что даже там, где существует упомянутый специальный орган, это ощущение производит опять-таки только *восприятие* во всех случаях, когда оно остается незамеченным.

Правда, я не сделал определенного вывода относительно того, осуществляется ли ощущение в этом механизме благодаря истечению нервного флюида из подвергшейся воздействию точки или же путем простой передачи движения в самой этой флюиде. Однако соответствие между длительностью известных ощущений и длительностью воздействий, которыми они были вызваны, заставляет меня склониться в пользу последнего допущения.

Мои наблюдения не внесли бы никакой ясности в затронутые вопросы, если бы мне не удалось установить и доказать, что способность *чувствовать и раздражимость* — весьма различные явления органической природы и что они отнюдь не проистекают из общего источника, как это принято было думать; наконец, что первое из этих явлений представляет собой способность, присущую лишь некоторым животным и требующую специальной системы органов, тогда как второе не нуждается для своего проявления в какой-либо особой системе органов, будучи свойством, присущим любой животной организации.

Поэтому, до тех пор пока будут смешивать эти два рода явлений как со стороны их происхождения, так и со стороны их действия, легко впасть в ошибку при всех попытках объяснить причины большей части явлений, свойственных организации животных. Особенно велика эта опасность, когда, желая определить источник способности чувствовать и двигаться, а также органы, обусловливающие эти способности у обладающих ими животных, прибегают для их обнаружения к экспериментам.

Так, например, обезглавив каких-либо молодых животных, или перерезав им спинной мозг между затылочной костью и первым позвонком, или, наконец, введя в него стилет, полагали, что различные движения,

вызванные у этих животных вдуванием воздуха в легкое, являются доказательством восстановления их способности чувствовать под влиянием искусственного дыхания. В действительности же одни из этих явлений обязаны своим происхождением только неугасшей *раздражимости,* сохраняющейся, как известно, еще некоторое время после смерти индивидуума, другие же — тем или иным мышечным движениям, которые могут еще быть возбуждены вдуванием воздуха в тех случаях, когда спинной мозг был разрушен введением длинного стилета не на всем своем протяжении.

Если бы я не установил, что органический акт, обусловливающий движение частей тела, совершенно не зависит от того, который порождает явление чувства, хотя влияние нервов необходимо как для того, так и для другого; если бы я не заметил также, что могу привести в движение ряд своих мышц, не испытывая при этом никакого ощущения, наконец, что я способен получить ощущение, не сопровождаемое никаким мышечным движением,— то я, в свою очередь, мог бы ошибочно принять движения, вызванные у обезглавленных молодых животных или таких, у которых был удален головной мозг, за доказательства их способности чувствовать.

Если индивидуум по самой своей природе или по какой-либо иной причине не в состоянии отдавать себе отчет в испытываемом им ощущении, если он не выражает криком, что ощущает причиняемую ему боль, то, как мне кажется, единственно надежный способ убедиться в том, что он действительно получает ощущения,— это проверить, что система органов, наделяющая его способностью чувствовать, не разрушена, но сохраняет свою целостность. Мышечные движения сами по себе не являются доказательством наличия способности чувствовать.

Составив себе определенное представление об этих интересных явлениях, я обратился к рассмотрению *внутреннего чувства,* т. е. того чувства своего существования, которым обладают только животные, наделенные способностью чувствовать. Я сопоставил все относящиеся сюда известные факты, а также мои собственные наблюдения и вскоре пришел к выводу, что это внутреннее чувство является тем действенным началом, которое всегда следует принимать во внимание.

Действительно, по моему мнению, нет ничего, что имело бы бóльшее значение, чем это чувство, рассматриваемое у человека и у животных, обладающих нервной системой, способной его произвести, чувство, которое может быть вызвано физическими и духовными потребностями и которое является тем источником, из которого движения и действия черпают средства для своего выполнения. Никто, насколько мне известно, не обратил внимания на это. Таким образом, пробел в этой области — незнание одной из самых могущественных причин основных явлений, наблюдаемых в организации животных,— делал недостаточным все, что можно было бы привести для объяснения этих явлений. Между тем мы как бы предугадываем существование этой внутренней силы всякий раз,

когда говорим о душевных движениях, испытываемых нами при самых разнообразных обстоятельствах. Даже слово *эмоция*, не мною созданное, достаточно часто употребляется в разговоре для обозначения упомянутых фактов.

После того как я установил, что это внутреннее чувство может возникать под влиянием разных причин и, однажды возникнув, само становится затем активным началом, способным возбуждать действия, я был до известной степени удивлен обилием известных фактов, подтверждающих обоснованность, иными словами — реальность этой силы, и мне казалось, что все трудности, с давних пор мешавшие мне исследовать причину, являющуюся возбудителем действий, были, наконец, окончательно устранены.

Но даже полагая, что мне посчастливилось раскрыть истину, приписав внутреннему чувству животных, которые этим чувством обладают, роль действующего начала, порождающего их движения, я тем самым устранил только часть трудностей, осложнявших эти исследования, ибо совершенно очевидно, что не все известные нам животные обладают и могут обладать нервной системой. Следовательно, не все они наделены внутренним чувством, о котором здесь идет речь, и у тех из них, которые лишены его, выполняемые ими движения, очевидно, имеют иное происхождение.

Уже после того как я пришел к этим выводам, я обратил внимание на то, что у растений жизнь не могла бы существовать и поддерживаться в действенном состоянии без тех или иных внешних воздействий, и вскоре я понял, что то же, по-видимому, применимо ко многим животным. И вот, поскольку я уже неоднократно имел возможность убедиться в том, что в случае надобности природа умеет достигать одной и той же цели при помощи различных средств, у меня не осталось ни малейшего сомнения относительно правильности моих взглядов.

Итак, я думаю, что у очень несовершенных животных, лишенных нервной системы, жизнь существует только благодаря воздействиям, получаемым ими извне; иными словами, тонкие, постоянно находящиеся в движении флюиды, содержащиеся в окружающей среде, непрерывно проникают в эти организованные тела и поддерживают в них жизнь до тех пор, пока состояние данных тел допускает это. Эта неоднократно возникавшая у меня мысль, опирающаяся на множество фактов, ни один из которых, насколько мне известно, ей не противоречит, и наглядно подтверждаемая изучением жизни растений,— эта мысль, повторяю, явилась для меня тем своеобразным лучом света, который позволил мне обнаружить основную причину, поддерживающую движение и жизнь организованных тел, причину, которой животные обязаны всем, что их оживляет.

Присоединив это положение к двум предыдущим, а именно к тем, которые относятся к роли движения флюидов внутри тела животных и к результатам длительного изменения обстоятельств и привычек этих су-

ществ, я нашел ту нить, которая связывает многочисленные причины явлений, раскрываемые нам организацией животных на различных ступенях ее развития и во всем ее многообразии. Я постиг вскоре важное значение того средства природы, которое заключается в сохранении у вновь возникающих индивидуумов всего того, что было приобретено организацией тех индивидуумов, от которых они произошли в результате жизнедеятельности и под влиянием обстоятельств.

После того как я выяснил, что движения животных никогда не происходят путем передачи, но всегда возникают в результате возбуждения, я понял, что природа, вынужденная в отношении самых несовершенных животных заимствовать *действующее начало, возбуждающее в них жизненные движения и действия,* из окружающей среды, сумела, все более и более усложняя организацию животных, перенести это действующее начало внутрь их тела и в конце концов передала его во власть самого индивидуума.

Таковы главные положения, которые я пытался установить и развить в настоящем труде.

Итак, эта «Философия зоологии» содержит результаты моих исследований, проведенных над животными, их общими и частными свойствами, их организацией, причинами ее развития и многообразия, а также над способностями, приобретаемыми ими в связи с этим развитием. При составлении настоящего труда я пользовался наиболее важными материалами, собранными мною для другой ранее задуманной работы о живых телах, под названием «Биология», работы, которую мне лично не придется выполнить.

Факты, которые я привожу здесь, весьма многочисленны и неоспоримы, а выводы, которые я из них сделал, казались мне настолько правильными и неизбежными, что, по моему глубокому убеждению, их трудно будет заменить более совершенными.

Конечно, многие новые воззрения, излагаемые в этом труде, естественно должны вызвать у читателя при первом знакомстве с ними предубеждение вследствие одного уже предпочтения, всегда оказываемого общепризнанным мнениям перед новыми, стремящимися их вытеснить. А так как это господство старых идей над идеями, появившимися впервые, благоприятствует указанному предубеждению, в особенности, если к этому присоединяется хотя бы малейшая заинтересованность, то отсюда следует, что, как бы велики ни были трудности, сопряженные с открытием новых истин при изучении природы, еще большие трудности стоят на пути их признания.

Трудности эти, зависящие от разных причин, в сущности скорее полезны, чем вредны для общего состояния науки. В самом деле, благодаря требовательности, которая затрудняет признание их в качестве истин, чрезвычайно много отдельных идей, более или менее правдоподобных, но необоснованных, едва появившись, тут же предается забвению. Правда, по тем же причинам иногда отвергаются или оставляются без

внимания и выдающиеся взгляды, и серьезные воззрения. Но лучше, чтобы истина, раз пóнятая, была обречена на долгую борьбу, не встречая заслуженного внимания, чем чтобы все, что порождается пылким воображением человека, легковерно воспринималось.

Чем больше я размышляю на эту тему и стараюсь постичь все то множество причин, которые могут повлиять на наши суждения, тем больше я убеждаюсь, что, за исключением фактов физического и умственного порядка[1], в которых никто не может усомниться, все прочее является лишь необоснованным мнением или умозаключением, а ктó не знает, что одним умозаключениям можно противопоставить другие? Поэтому, хотя совершенно очевидно, что между взглядами отдельных людей существуют большие различия с точки зрения их правдоподобности, вероятности и даже ценности, мы все же были бы неправы, как мне кажется, если бы стали осуждать тех, кто отказывается принять наши взгляды.

Разве обоснованными взглядами следует считать только те, которые получили наиболее широкое признание? Ведь опыт достаточно ясно показывает, что люди, обладающие наиболее развитым умом и наибольшим запасом знаний, во все времена составляют крайне ничтожное меньшинство. Не подлежит никакому сомнению, что авторитеты в области науки должны устанавливаться путем справедливой оценки, а вовсе не на основании мнения большинства, хотя, по правде говоря, такого рода оценка чрезвычайно трудна.

Но так как требования, которым должно отвечать правильное суждение, многообразны и строги, никогда нельзя быть уверенным в том, что то или иное лицо, имеющее репутацию признанного авторитета, абсолютно непогрешимо в своих суждениях относительно разного рода предметов.

Итак, положительными истинами для человека, т. е. истинами, на которые он может смело опираться, в действительности являются только доступные его наблюдению факты, но отнюдь не те выводы, которые он может из них извлечь; только существование природы, раскрывающей перед нами эти факты, а также все материалы, помогающие овладеть знанием их; наконец, только законы, управляющие движениями и изменениями ее частей. Вне этого — все беспочвенно, хотя одни следствия, теории, мнения и т. д. могут иметь бóльшую степень вероятности, чем другие.

Но если нельзя положиться ни на одно умозаключение, ни на один вывод, ни на одну теорию, ибо человек, производящий подобные умственные операции, не может быть уверен в том, что им были использованы только истинные, необходимые для этого элементы и не было внесено

---

[1] Я называю *умственными фактами* математические истины, т. е. результаты вычислений как количеств, так и сил, а также результаты измерений, ибо эти факты познаются нами при помощи нашего ума, а не при посредстве чувств. Эти *умственные факты* представляют собой такие же положительные истины, как и те факты, которые касаются существования тел, доступных нашему наблюдению, а также многое другое.

ничего произвольного и ничего не было упущено; если, далее, для нас неоспоримо только существование тел, способных воздействовать на наши чувства, только реальные качества этих тел, наконец, только доступные нашему познанию факты физического и умственного порядка, то все мысли, рассуждения и объяснения, которые можно найти в настоящем труде, следует рассматривать лишь как простые, предлагаемые мною умозаключения, которые я высказываю с целью указать на то, что мне представляется действительно существующим и что на самом деле могло бы иметь место.

Как бы то ни было, посвятив себя наблюдениям, послужившим источником для приведенных в этой работе мыслей, я испытал огромное удовлетворение от сознания, что мои взгляды близки к истине, и почувствовал себя вознагражденным за все трудности, связанные с утомительными занятиями и долгими размышлениями. Публикуя эти наблюдения одновременно с теми выводами, которые я из них сделал, я ставлю своей целью призвать просвещенных людей, любящих изучать природу, продолжить их, подвергнуть их проверке и, со своей стороны, извлечь из них те выводы, которые они сочтут правильными.

Так как только этот путь представляется мне единственным, который может привести к познанию истины или, по крайней мере, позволяет приблизиться к ней, и так как совершенно очевидно, что познание истины полезнее для нас, чем те заблуждения, которые могут быть выдвинуты на его место, то для меня не подлежит никакому сомнению, что именно этим путем следует идти.

Нетрудно заметить, что я очень внимательно отнесся к изложению второй и особенно третьей части моего труда и что обе эти части представили для меня чрезвычайный интерес. Однако и относящиеся к естественной истории принципы, которым посвящена первая часть, заслуживают внимания по меньшей мере как принципы, которые могут оказаться чрезвычайно полезными для науки, поскольку они, вообще говоря, дают наиболее полное представление о воззрениях, существовавших до сих пор.

Я мог бы значительно увеличить объем настоящего труда, если бы полнее развил в каждой главе тот интересный материал, который она содержит; но я предпочел ограничиться изложением лишь тех данных, которые были совершенно необходимы для правильного понимания моих наблюдений. Благодаря этому мне удалось сберечь время моих читателей, не лишая их тем самым возможности понять меня.

Цель, которую я перед собой поставил, будет достигнута, если те, кто любит естественные науки, найдут в этой работе какие-либо полезные для себя взгляды и принципы; если приведенные в ней мои собственные наблюдения будут подтверждены или признаны теми, кто имел возможность заниматься теми же предметами, и если идеи, зародившиеся под влиянием этих наблюдений, каковы бы эти идеи ни были, будут способствовать развитию наших знаний или укажут пути для открытия неизвестных нам истин.



КЮВЬЕ

(1769—1832)

Жорж Леопольд Кретьен Фредерик Дагомер Кювье, сын офицера артиллерии, родился в Монбельяре (Франция). Обладая блестящей памятью, он рано начал читать и в четырнадцать лет уже окончил Штутгартский университет.

В 1794 г. благодаря помощи Жоффруа Сент-Илера он стал ассистентом профессора сравнительной анатомии в Музее естественной истории в Париже. О его работе Сент-Илер позднее писал: «Кювье думал, что он делает ученические записи, однако, с первых шагов в этой области он стал создавать прочный фундамент зоологии. Я имел невыразимое счастье первым обратить на это внимание, первым представить ученому миру гения, который не знал самого себя». Вскоре Кювье публикует «Элементарные таблицы естественной истории животных» и становится профессором Коллеж де Франс.

В 1800 г. выходят его «Лекции по сравнительной анатомии» — науке, которую он по существу основал и которая стала могучим инструментом в его дальнейших исследованиях. Исследованиями останков ископаемой фауны Кювье положил также начало палеонтологии. Его представления были изложены в «Рассуждении о переворотах на поверхности Земного шара» (1812). В капитальном своем сочинении «Царст-

во животных» (1817) Кювье перестроил линнеевскую классификацию животных на основе сравнительной анатомии.

Кювье полагал, что в истории Земли происходили внезапные геологические перевороты. В результате этих катастроф гибли целые фауны и флоры, после чего развивались новые виды, более высокие по своей организации. Будучи крупнейшим авторитетом своего времени в области зоологии, морфологии и палеонтологии, Кювье не составило особого труда опровергнуть представления ранних эволюционистов — Ламарка и Сент-Илера, не располагавших ни нужными фактами, ни разумными представлениями о механизме эволюции и о времени, необходимом для нее. Тем не менее фактическое содержание работ Кювье сыграло исключительную роль в подготовке эволюционного учения.

Кювье был поразительно работоспособным и организованным человеком, несколько самолюбивым и педантичным. Научная продукция его была колоссальна, хотя своими основными делами он считал дела административные. При реорганизации Парижской Академии в Институт он становится его членом, а впоследствии — секретарем. Наполеон поручил Кювье заниматься вопросами организации науки и высшего образования. Он стал канцлером университета и членом Государственного Совета. Реставрация не повлияла на положение Кювье: ученый утверждал, что «он вне политики» и что «честный человек может работать при любом правительстве». Кювье незадолго до смерти стал бароном. Он был членом большинства академий Европы.

Мы приводим предисловие и план книги «Рассуждение о переворотах на поверхности земного шара» (1812), и только объем мешает привести интересное введение к «Царству животных» Кювье.

РАССУЖДЕНИЕ О ПЕРЕВОРОТАХ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА И ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ, КАКИЕ ОНИ ПРОИЗВЕЛИ В ЖИВОТНОМ ЦАРСТВЕ

Предисловие

В моей работе об *ископаемых костях* я поставил себе задачей распознать, каким животным принадлежат остатки костей, которыми изобилуют поверхностные слои Земли. Это означало пройти путь, по которому до сих пор отваживались делать лишь несколько шагов. Мне, как некоему нового рода археологу, приходилось одновременно и восстанавливать памятники былых переворотов, и расшифровывать их смысл; я должен был собирать и соединять в их первоначальном положении те осколки, на которые они распались, воссоздавать древние существа, которым они принадлежали, восстанавливать эти существа в их пропорциях, с их признаками, наконец, сопоставлять их с ныне живущими на земле — искусство, до сих пор почти неизвестное, которое предпола-

гает науку, до сего времени едва затронутую, науку о законах, определяющих существование форм различных частей органических существ. Я должен был поэтому подготовиться к этим исследованиям длительным изучением ныне существующих животных: только обзор, по возможности всеобъемлющий, современного царства животных мог придать доказательность добытым мною данным о древнем животном царстве; одновременно этот обзор должен был с неменьшей доказательностью открыть мне и здесь целый ряд закономерностей и соотношений и, в результате, благодаря опыту, накопленному в одной маленькой области теории Земли, все царство животных должно было оказаться как бы подчиненным новым законам.

Таким образом, в этой двойной работе меня поддерживал в равной мере интерес как к общей науке анатомии, основе всех тех наук, которые занимаются организованными телами, так и к физической истории земного шара, на которой покоятся минералогия, география и, можно даже сказать, история человека и всего того, что ему всего важнее знать о себе самом.

Если вам интересно изучать почти стертые следы исчезнувших народов на заре нашего рода, то как не заняться разыскиванием во тьме младенчества земли следов переворотов, предшествовавших существованию всех народов! Нас поражает мощь человеческого ума, которым он измерил движение небесных тел, казалось бы навсегда скрытое природой от нашего взора; гений и наука переступили границы пространства; наблюдения, истолкованные разумом, сняли завесу с механизма мира. Разве не послужило бы также славе человека, если бы он сумел переступить границы времени и раскрыть путем наблюдений историю мира и смену событий, которые предшествовали появлению человеческого рода? Без сомнения, астрономы двигались быстрее естествоиспытателей; этап, на котором теперь пребывает теория Земли, напоминает то время, когда философы полагали небо составленным из плитняка, а Луну, равной по размерам Пелопоннесу. Но после Анаксагоров явились Коперники и Кеплеры, проложившие дорогу Ньютону. Так почему бы и естествознанию не обрести когда-нибудь своего Ньютона?

План

В этом рассуждении я предполагаю изложить план и результаты моих работ над ископаемыми костями. Я попытаюсь набросать также краткий очерк произведенных до сего времени попыток раскрыть историю переворотов на земном шаре. Правда, факты, которые мне удалось добыть, представляют только небольшую часть того, что должно составить эту древнюю историю, но многие из них ведут к определенным заключениям, а точность метода, который я применял для их установления, позволяет мне думать, что их признают за твердо установленные данные, которые составят эпоху в науке. Я думаю, наконец, что новизна

их послужит извинением, если я потребую для них особого внимания у читателя.

Прежде всего моей задачей будет показать, каким образом история ископаемых костей наземных животных связывается с теорией Земли и какие соображения придают ей в этом отношении особое значение. Я изложу затем принципы, на которых основывается умение определять эти кости, иными словами, распознавать род и различать вид по одному обломку кости — уменье, от которого зависит достоверность всего моего труда. Я дам краткий обзор новых видов и неизвестных раньше родов, открыть которые мне позволило применение этих принципов, а также и различных земных пластов, которые содержат эти виды; а так как различие между этими видами и ныне живущими не переходит известных границ, то я покажу, что эти границы значительно шире тех, которые разделяют ныне вариации одного и того же вида; я покажу вместе с тем, до чего могут доходить эти вариации под влиянием времени, климата или одомашнивания. Благодаря этому я буду в состоянии сделать сам и смогу предложить читателю сделать вместе со мной заключение, что нужны были большие события, чтобы произвести гораздо более значительные изменения, мной обнаруженные. Я изложу те поправки, которые мои исследования должны внести в существовавшие до сего времени взгляды на земные перевороты. Наконец, я рассмотрю, насколько гражданская и религиозная история народов согласуется с результатами наблюдений над физической историей Земли, и какие предложения эти наблюдения допускают относительно той эпохи, когда человеческие общества смогли обрести постоянные обиталища и годные для обработки поля и когда они, следовательно, могли принять более устойчивые формы существования.



ДАРВИН

(1809—1882)

Чарлз Роберт Дарвин родился в Шрусбери (Англия). Его мать Сузанна Веджвуд была дочерью промышленника и изобретателя — создателя английского фарфора Веджвуда; отец Чарлза был врачом. Яркой фигурой в Англии восемнадцатого века был его дед, Эразм Дарвин, врач, философ, поэт.

Чарлз Дарвин окончил медицинский факультет Эдинбургского университета, но врачебная карьера его не привлекла. По настоянию отца он тогда поступил в Крайст-колледж Кембриджского университета, намереваясь стать священником. Необходимые экзамены он сдал в начале 1831 г.; однако, не получив сана, осенью того же года, под влиянием своих друзей-ученых, он записался в качестве натуралиста на борт корабля «Бигль». Пятилетнее путешествие оказало колоссальное влияние на молодого ученого. Его «Дневник изысканий по геологии и естественной истории стран, посещенных во время кругосветного плавания корабля «Бигль»», до сих пор читается с неизменным интересом. После своего возвращения Дарвин обрабатывает результаты экспедиции, публикует ряд работ по зоологии и ботанике; в течение 20 лет он размышляет о путях объяснения невероятного разнообразия видов и разновидностей всего живого.

Теории эволюции неизбежно должно было предшествовать накопление фактов и детальная систематика растительного и животного мира. Современную форму систе-

матике придал Линней, полагавший, однако, все виды заданными. В эволюционной теории Ламарка телеологические принципы его законов не давали удовлетворительного объяснения развития. Наконец, работы Кювье, положившие начало сравнительной анатомии и палеонтологии, привели их автора к концепции скачкообразного катастрофического развития. Для Дарвина была существенна идея борьбы за существование, толчком к открытию которой послужила идея о перенаселенности в природе, которая, по-видимому, была воспринята Дарвином у Мальтуса в его «Опыте исследования народонаселения» и произвольно приложенная автором к объяснению развития общества. Но быть может наиболее важным для Дарвина было влияние крупного английского геолога Лайеля, развивавшего концепции униформизма в геологии и исходившего из четко сформулированной идеи Геттона о постепенности развития Земли. В то же время стало ясно, что продолжительность всех процессов эволюции колоссальна. (Ведь естествоиспытателям той эпохи промежутки времени в миллионы лет казались иногда фантастически большими!)

«Происхождение видов» Дарвин опубликовал в 1859 г., когда ему было 50 лет. В последующие годы Дарвин 6 раз переиздавал эту книгу, знаменитую уже в момент выхода — 1250 экземпляров ее первого издания разошлись в Лондоне за один день! За этой книгой последовали другие капитальные исследования: «Изменения животных и растений в условиях одомашнивания» (1868), «Происхождение человека и половой отбор» (1871), «Выражение ощущений у человека и животных» (1872); в этих работах развивались идеи эволюции и ее механизмов. Большое впечатление произвели работы Дарвина по ботанике: «Опыление орхидей» (1862), «Лазающие растения» (1865), «Насекомоядные растения» (1875), «Перекрестное опыление и самоопыление в растительном царстве» (1876), «Различные формы цветков у растений одного и того же вида» (1877).

В 1884 г. английский зоогеограф и биолог Уоллес публикует свою книгу «Дарвинизм». Ранее никакая другая теория в естествознании не оказала такого синтетического влияния на биологию, да и вообще на наше мировоззрение, как эволюционная теория Дарвина, и сегодня нам даже трудно понять, насколько острой и сложной была борьба вокруг нового учения. По существу, это был последний бой церкви естествознанию. Влияние идей Дарвина распространялось на многие разделы биологии, такие, как эволюционная морфология, экология и генетика, которые прямо связаны с его работами. Ряд проблем, поставленных им, особенно вопрос о факторах эволюции и ее скорости, еще не разрешен и сегодня.

Дарвин был слабого здоровья, бóльшую часть жизни он безвыездно прожил в своем имении в Дауне. Исключительно требовательный к себе, он отличался большой терпимостью к другим. Он был женат на своей племяннице Эмме Веджвуд, и у них было 5 детей; их сын, впоследствии сэр Джон Дарвин, стал известным математиком и астрономом. Еще при жизни заслуги Дарвина были отмечены всеми научными обществами мира и правительствами многих стран, за исключением Британского. Только после смерти викторианская Англия отдала ему должное: он похоронен в Вестминстерском аббатстве, рядом с Ньютоном.

Ниже в отредактированном Н. И. Вавиловым переводе К. А. Тимирязева следует предисловие к первому изданию «Происхождения видов».

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ВИДОВ

ПУТЕМ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТБОРА ИЛИ СОХРАНЕНИЯ БЛАГОПРИЯТНЫХ ПОРОД В БОРЬБЕ ЗА ЖИЗНЬ

«Но по отношению к материальному миру мы можем допустить, по крайней мере, следующее: мы можем видеть, что явления вызываются не отдельными вмешательствами божественной силы, оказывающей свое влияние в каждом отдельном случае, но установлением общих законов»

Уэвелль: Бриджуотерский трактат.

«Единственное определенное значение слова «естественный» — это установленный, фиксированный или упорядоченный; ибо не есть ли естественное то, что требует или предполагает разумного агента, который делает его таковым, т. е. осуществляется им постоянно или в установленное время, точно так же, как сверхъестественное или чудесное — то, что осуществляется им только однажды.»

Батлер: Аналогия религии откровения

«Заключаем поэтому, что ни один человек, ошибочно переоценивая здравый смысл или неправильно понимая умеренность, не должен думать или утверждать, что человек может зайти слишком глубоко в своем исследовании или в изучении книги слова божия или книги творений божиих, богословия или философии; но пусть люди больше стремятся к бесконечному совершенствованию или успехам в том и другом.»

Бэкон: Прогресс науки.

Предисловие

Путешествуя на «Бигле» в качестве натуралиста, я был поражен некоторыми фактами в распределении органических существ в Южной Америке и геологическими отношениями между прежними и современными обитателями этого континента. Факты эти, как будет видно из последних глав этой книги, казалось, бросали некоторый свет на происхождение видов — эту тайну из тайн, по словам одного из наших величайших ученых. Возвратясь домой в 1837 г., я напал на мысль, что чего-нибудь можно, пожалуй, достигнуть в смысле разрешения этого вопроса путем терпеливого собирания и обдумывания различных фактов, имеющих какое-нибудь к нему отношение. После пяти лет труда я позволил себе некоторые общие соображения по этому предмету и набросал их в виде кратких заметок; этот набросок разросся в 1844 г. в общий очерк тех заключений, которые в то время представлялись мне вероятными; с той поры и до настоящего дня я упорно занимался этим предметом. Я надеюсь, мне простят эти чисто личные подробности, так как я привожу их затем только, чтобы показать, что не был поспешен в своих выводах.

Труд мой теперь (1859 г.) почти закончен; но так как мне потребуется еще несколько лет для его окончательной отработки, а здоровье мое далеко не цветущее, меня убедили издать это «Извлечение». Особенно побуждает меня к этому то обстоятельство, что м-р Уоллес, изу-

чающий теперь естественную историю Малайского архипелага, по вопросу о происхождении видов пришел к выводам, совершенно сходным с теми, к которым пришел и я. В 1858 г. он прислал мне статью, посвященную этому предмету, прося переслать ее сэру Чарльзу Лайелю, который препроводил ее в Линнеевское общество (она напечатана в третьем томе журнала этого общества). Сэр Чарльз Лайель и д-р Гукер, знавшие о моем труде,— последний читал мой очерк 1844 г.,— оказали мне честь, посоветовав напечатать вместе с превосходной статьей м-ра Уоллеса и краткие выдержки из моей рукописи.

Издаваемое теперь «Извлечение» по необходимости несовершенно. Я не мог приводить здесь ссылок или указывать на авторитеты в подкрепление того или другого положения; надеюсь, что читатель положится на мою аккуратность. Без сомнения, в мой труд вкрались ошибки, хотя я постоянно заботился о том, чтобы доверяться только хорошим авторитетам. Я могу изложить здесь только те общие замечания, к которым пришел, иллюстрируя их только несколькими фактами; но надеюсь, что в большинстве случаев их будет достаточно. Никто более меня не сознает необходимости представить позднее во всей подробности факты и ссылки в подкрепление моих выводов, и я надеюсь это исполнить в будущем моем труде. Я очень хорошо знаю, что нет почти ни одного положения в этой книге, по отношению к которому нельзя было бы предъявить фактов, приводящих к заключениям, по-видимому, прямо противоположным тем, к которым прихожу я. Точный вывод может быть получен только после полного изложения фактов и оценки аргументов, склоняющих в ту или другую сторону, а этого, конечно, здесь нельзя ожидать.

Очень сожалею, что недостаток места лишает меня нравственного удовлетворения — выразить свою благодарность за великодушное содействие, оказанное мне многими натуралистами, по большей части даже мне лично незнакомыми. Но я не могу упустить этого случая, не высказав, как много я обязан д-ру Гукеру, за последние пятнадцать лет помогавшему мне всеми возможными способами благодаря своим обширным знаниям и ясному суждению.

Что касается вопросов о происхождении видов, то вполне мыслимо, что натуралист, размышляющий о взаимном сродстве между органическими существами, об их эмбриологических отношениях, их географическом распределении, геологической последовательности и других подобных фактах, мог бы прийти к заключению, что виды не были созданы независимо один от другого, но произошли, подобно разновидностям, от других видов. Тем не менее подобное заключение, хотя бы даже хорошо обоснованное, было бы неудовлетворительно, пока не было бы показано, почему бесчисленные виды, населяющие этот мир, изменялись таким именно образом, что получалось то совершенство строения и приспособления, которое справедливо вызывает наше изумление. Натуралисты постоянно ссылаются на влияние внешних условий, какими являют-

ся климат, пища и т. д., как на единственную причину изменчивости. В известном, ограниченном смысле, как будет показано далее, это, может быть, и верно; но было бы просто нелепо приписывать одному влиянию внешних условий организацию, например, дятла с его ногами, хвостом, клювом и языком, так поразительно приспособленными к ловле насекомых под корой деревьев. Также и относительно омелы, черпающей свою пищу из стеблей некоторых деревьев, с семенами, разносимыми определенными птицами, с раздельнополыми цветами, безусловно нуждающимися в содействии неизвестных насекомых для переноса пыльцы с одного цветка на другой, было бы нелепо объяснять себе строение этого паразита и его связи с различными группами органических существ действием внешних условий, привычкой или актом воли самого растения.

Следовательно, в высшей степени важно получить ясное представление о способах изменения и приспособления организмов. В начале моих исследований мне представлялось вероятным, что тщательное изучение домашних животных и возделываемых растений доставило бы лучшее средство для того, чтобы разобраться в этом темном вопросе. И я не ошибся; как в этом, так и во всех других запутанных случаях я всегда находил, что наши сведения об изменениях домашних пород, несмотря на их неполноту, всегда служат лучшим и самым верным ключом. Могу по этому поводу высказать свое убеждение в особенной ценности подобного изучения, несмотря на то пренебрежение, в котором оно обыкновенно находилось у натуралистов.

На основании этих соображений я посвящаю первую главу этого «Извлечения» изменчивости в прирученном состоянии. Мы, таким образом, убедимся, что передаваемые по наследству изменения возможны в широких размерах, а также узнаем,— что, может быть, еще существеннее,— как велико могущество человека по отношению к накоплению последующих слабых изменений путем отбора. Затем я перейду к изучению изменчивости видов в состоянии естественном; но, к сожалению, я буду вынужден коснуться этого предмета только в самых кратких чертах, так как надлежащее его изложение потребовало бы длинных перечней фактов. Мы будем, однако, в состоянии обсудить, какие условия особенно благоприятствуют изменчивости. В следующей главе будет подвергнута обсуждению борьба за существование, проявляющаяся между всеми органическими существами во всем мире и неизбежно вытекающая из геометрической прогрессии их размножения. Это — учение Мальтуса, распространенное на оба царства: животных и растений. Так как рождается гораздо более особей каждого вида, чем их может выжить, и так как на основании этого постоянно возникает борьба за существование, то из этого вытекает, что всякое существо, которое хотя незначительно изменится в направлении, для него выгодном по отношению к сложным и нередко меняющимся условиям его существования, будет представлять более шансов на сохранение и, таким образом, подвергнется естествен-

ному отбору. В силу начала наследственности отобранная разновидность будет стремиться к размножению своей новой измененной формы.

Этот основной предмет — теория естественного отбора — будет подробно развит в четвертой главе; мы тогда увидим, каким образом естественный отбор почти неизбежно имеет своим последствием вымирание менее совершенных форм жизни и приводит к тому, что я назвал расхождением признаков. В следующей главе я подвергну обсуждению сложные и мало известные законы изменчивости. В последующих пяти главах будут разобраны наиболее бросающиеся в глаза и самые существенные затруднения, встречаемые теорией, а именно: во-первых, затруднительность перехода, т. е. превращения простого существа или простого органа в высокоорганизованное существо или в сложно построенный орган; во-вторых, вопрос об инстинкте или умственных способностях животных; в-третьих, гибридизм или бесплодие при скрещивании видов и плодовитость при скрещивании между разновидностями; в-четвертых, несовершенство геологической летописи. В следующей затем главе я рассмотрю геологическую последовательность органических существ во времени; в двенадцатой и тринадцатой — их географическое распространение; в четырнадцатой — их классификацию и взаимное сродство во взрослом и зачаточном состоянии. В последней главе я представлю краткое повторение изложенного во всем труде и несколько заключительных замечаний.

Никто не должен удивляться тому, что многое, касающееся происхождения видов, остается еще необъясненным, если только отдавать себе отчет в глубоком неведении, в котором мы находимся по отношению к взаимной связи бесчисленных живых существ, нас окружающих. Кто объяснит, почему один вид широко распространен и представлен многочисленными особями, а другой мало распространен и редок? И тем не менее эти отношения крайне важны, так как они определяют современное благосостояние и, как я полагаю, будущий успех и дальнейшее изменение каждого обитателя этого мира. Еще менее знаем мы о взаимных отношениях бесчисленных обитателей нашей планеты в течение прошлых геологических эпох ее истории. Хотя многое еще темно и надолго останется темным, но в результате самого тщательного изучения и беспристрастного обсуждения, на какое я только способен, я нимало не сомневаюсь, что воззрение, до недавнего времени разделявшееся большинством натуралистов и бывшее также и моим, а именно, что каждый вид был создан независимо от остальных, что это воззрение неверно. Я вполне убежден, что виды изменчивы и что все виды, принадлежащие к одному роду, непосредственные потомки одного какого-нибудь, большей частью вымершего вида, точно так же как признанные разновидности одного какого-нибудь вида считаются потомками этого вида. И далее я убежден, что естественный отбор был самым важным, хотя и не единственным фактором, которым было осуществлено это изменение.

Даун, Бромли (Бекенгэм), Кент, 1 октября 1859 г.



МЕНДЕЛЬ

(1822—1884)

Грегор Иоганн Мендель родился в Хинчице в Силезии. Родители его были крестьянами. Мендель сначала учился в университете в Оломоуце, однако из-за недостатка средств его не закончил. Он стал послушником августинского монастыря в Брно, занялся богословием и вскоре стал помощником преподавателя гимназии, но отсутствие диплома мешало его продвижению. Два семестра Мендель провел в Вене, изучая математику и физику, однако попытка получить диплом университета была неудачной, по-видимому, из-за потери памяти на экзамене.

Бóльшую часть жизни Мендель провел в Брно, где в 1868 г. он стал настоятелем монастыря. Именно там, во дворе монастыря, в маленьком саду, будучи искусным садоводом, он проводил свои опыты, приведшие к открытию законов наследственности — первых количественных статистических законов в биологии. Результаты исследований Менделя были опубликованы в 1866 г. в Известиях Общества естествоиспытателей в Брно, членом которого он состоял. Однако работы Менделя остались незамеченными и неоцененными современниками; лишь в 1900 г. через 16 лет после его смерти внимание к ним было привлечено де Фризом, Корренсом и Чермаком.

Мы приводим введение к основной работе Менделя «Опыты над растительными гибридами» (1866).

ОПЫТЫ НАД РАСТИТЕЛЬНЫМИ ГИБРИДАМИ

Введение

Поводом к постановке обсуждаемых здесь опытов послужили искусственные оплодотворения, произведенные у декоративных растений с целью получить новые разновидности по окраске. Поразительная закономерность, с которой всегда повторялись одни и те же гибридные формы при оплодотворении между двумя одинаковыми видами, дала толчок к дальнейшим опытам, задачей которых было проследить развитие гибридов в их потомках.

С неутомимым рвением этой задаче посвятили часть своей жизни такие тщательные наблюдатели, как Кёльрейтер, Гертнер, Герберт, Лекок, Вихура и др. В особенности Гертнер в своем сочинении «Получение бастардов в растительном царстве» изложил очень ценные наблюдения. Вихура же недавно опубликовал основательные исследования над бастардами у ив. Если до сих пор не удалось установить всеобщего закона образования и развития гибридов, то это не удивит того, кто знает объем задачи и может оценить трудности, которые приходится преодолевать в такого рода опытах. Окончательное решение этого вопроса может быть достигнуто только тогда, когда будут произведены *детальные опыты* в различнейших растительных семействах. Кто пересмотрит работы в этой области, тот убедится, что среди многочисленных опытов ни один не был произведен в том объеме и таким образом, чтобы можно было определить число различных форм, в которых появляются потомки гибридов, с достоверностью распределить эти формы по отдельным поколениям и установить их взаимные численные отношения. Надо было обладать известным мужеством, чтобы предпринять такую обширную работу; однако это представляется единственным путем для достижения окончательного решения вопроса, имеющего немаловажное значение для истории развития органических форм.

Настоящая статья представляет попытку такого детального опыта. Соответственно этому последний был ограничен маленькой растительной группой и ныне, по истечении восьми лет, в основном закончен. Соответствует ли план, по которому расположены и проведены отдельные опыты, поставленной задаче — пусть решает благосклонная критика.



ВЕЙСМАН

(1834—1914)

Август Вейсман родился во Франкфурте-на-Майне. Он изучал медицину в Геттингене и работал врачом сначала в Ростоке, а затем в своем родном городе. Два месяца он провел в лаборатории биолога Лейкарта и после этого решил посвятить себя зоологии. Вскоре он стал доцентом кафедры зоологии в Фрейбурге, а с 1873 г. Вейсман стал заведовать этой кафедрой. Он умер во Фрейбурге.

В 1864 г. болезнь глаз помешала ему заниматься микроскопией, но после двухлетнего отпуска он смог возобновить научные наблюдения. Вейсман предпринял фундаментальные исследования дафнии и гидры, однако новое обострение болезни глаз вынуждает его обратиться к теоретическим проблемам биологии. Наблюдения цикла развития простейших привели Вейсмана к гипотезе о непрерывности зародышевой плазмы, и он увидел в этом цитологические доводы о невозможности наследования приобретенных признаков,— вывод, имевший важное значение для развития теории эволюции и дарвинизма. Значительна была роль Вейсмана в защите теории естественного отбора Дарвина.

Его главная заслуга заключается в том, что он подчеркнул резкую разницу между наследуемыми признаками и признаками благоприобретенными, которые, как ут-

верждал Вейсман, вовсе не передаются по наследству. Ему, быть может, первому были ясны общебиологическое значение митоза и фундаментальная роль хромосомного аппарата при делении клеток. Вейсман развивал свою концепцию по существу тогда, когда тех доказательств его правоты, которые были даны в первую очередь американским биологом Э. Вильсоном и которые мы имеем сегодня, еще не было; ошибаясь в деталях, он был прав в основном.

Мы приводим предисловие к книге Вейсмана: «Зародышевая плазма. Теория наследственности» (1892).

ЗАРОДЫШЕВАЯ ПЛАЗМА. ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

«О тайне мира — пусть хотя бы лепет».
Гёте.

РУДОЛЬФУ ЛЕЙКАРТУ
В ДЕНЬ ЕГО СЕМИДЕСЯТИЛЕТИЯ
В ЗНАК ДАВНЕГО УВАЖЕНИЯ ПОСВЯЩАЕТСЯ

Попытка построения теории наследственности в настоящее время может многим показаться дерзостной. Должен признаться, что мне самому представлялось так всякий раз, когда после длительной работы я наталкивался на непреодолимые препятствия, пытаясь развить дальше исходные положения, и приходил к необходимости начинать все сызнова. Но я не мог устоять перед соблазном отважиться проникнуть в это чудеснейшее и сложнейшее явление жизни так глубоко, как при известных сегодня фактах позволяют мои силы.

Я не считаю этот труд преждевременным, несмотря на наличие в нем слабых мест и пробелов. Дело в том, что в последние двадцать лет наши знания значительно увеличились, так что кажется небезнадежным вскрыть действительные процессы, лежащие в основе наследственности. Поэтому развитая теория наследственности является, по моему мнению, настоятельной необходимостью, поскольку лишь на основе такой теории можно ставить новые вопросы и пытаться искать к ним ответы.

Теории, существовавшие до сего времени, в этом отношении мало удовлетворительны, поскольку — за исключением, пожалуй, теории пангенезиса Дарвина,— они представляли собой лишь наметки теории, формулировки исходных положений, без их развития. В теории, однако, значение исходного положения выявляется лишь тогда, когда действительно приступают к его разработке и развитию: только тогда возникают трудности и новые вопросы. Даже гениальная гипотеза Дарвина

не могла быть признана удовлетворительной. В соответствии с уровнем знаний своего времени гипотеза Дарвина была «идеальной», т. е. она была основана на исходных положениях, реальность которых вначале под сомнение и не ставилась. Речь шла, в первую очередь, о том, чтобы обобщить все множество явлений с какой-то общей точки зрения, хотя как-нибудь объяснить наблюдаемые явления, не вдаваясь в то, правильны ли исходные теоретические положения или же их следует расценивать лишь как допущение. Такого рода теории имеют свое собственное значение. Но для определения путей дальнейших поисков они мало пригодны потому, что стоит лишь согласиться с исходным положением, как они объясняют все известные факты. Такого рода теории не дают, так сказать, повода к сомнениям.

Если предположить, что в зародыше содержатся миллионы «органообразующих зачатков» и что при развитии организма они всегда попадают в правильном сочетании в то место, где должен возникнуть определенный орган, то это, правда, объяснение, но такое, против которого либо нельзя возразить ничего, либо следует возражать во всем. Новые вопросы возникнут при дальнейшей разработке этого исходного положения, когда теория попытается доказать, что зародыш действительно состоит из «органообразующих зачатков», когда она укажет, при помощи каких средств и путей «зачатки» в требуемой комбинации попадают именно в то место, где они необходимы, и каким образом эти зачатки приводят к образованию органа. Только тогда можно будет проверить правильность каждого из основных тезисов, сопоставив теорию с имеющимися фактами, и придумать эксперименты, которые могли бы подтвердить теорию, опровергнуть ее или способствовать ее дальнейшему развитию.

Несомненно, каждый естествоиспытатель располагает своими теоретическими соображениями, исходя из которых он ставит природе вопросы. Но ситуация одна, если он при этом руководствуется лишь в данный момент известными и особо яркими фактами, и совсем иная, если он действует на основании развернутой теории, фундаментом которой служат главные явления в данной области. Я, по крайней мере, начинал разнообразные опыты в области наследственности и затем бросил их, осознав, что без теории, развитой на реальной почве, это лишь топтание в потемках. Ценность теории в существенной мере заключается в ее эвристическом принципе. Истинная и совершенная теория может строиться лишь из менее совершенных начальных положений; последние образуют ступени, ведущие к ней.

Эта книга формировалась постепенно. Когда примерно лет десять назад я начал более серьезно углубляться в проблему наследственности, наиболее близкой казалась мне идея о существовании особого вещества наследственности, организованного живого вещества, которое передается от одного поколения к другому, в отличие от той субстанции, которая составляет бренное тело индивидуума. Так возникли работы

о зародышевой плазме и непрерывности ее существования. Одновременно в связи с этим возникли сомнения относительно предполагавшегося в то время *наследования приобретенных свойств*. Более тщательное рассмотрение этого вопроса вместе с результатами опытов привели к убеждению, что передачи потомству приобретенных свойств на самом деле не происходит. В то же время исследования многих превосходных ученых в области процессов оплодотворения и конъюгации, в которых и мне посчастливилось принять некоторое участие, вызвали полный переворот во взглядах на существо этих процессов. Это привело меня к заключению, что зародышевая плазма состоит из равноценных жизненных единиц, из которых каждая в отдельности содержит все «зачатки» для особи, причем жизненные единицы *индивидуально* отличны друг от друга. Эти «*плазмы предков*», как я их назвал вначале, или *иды*, как я их называю сейчас, послужили новыми строительными камнями для сооружения теории наследственности. Но для создания развернутой теории нехватало еще многого. В последней из моих работ [1] содержится намек на то, каким образом я надеялся при помощи ид в некоторой мере решить одну из сложнейших проблем наследственности, а именно взаимодействие родительских наследственных веществ. Однако я был весьма далек от идеи, что этим я даю полную и проработанную теорию наследственности, как это думали некоторые. Для этого еще не хватало многого. Я не только оставил в стороне те явления, которые независимы от полового размножения, но избежал и высказываний о последних *материальных основах* моей теории, а именно о *составе ид*. Правда, я указал, что они должны иметь сложное строение и что строение в процессе развития особи из яйцеклетки постепенно и закономерно изменяется, но я не стал входить в рассмотрение их строения подробнее. Я был полон сомнений в том, насколько правильными окажутся мои предварительные соображения в сопоставлении со всем богатством наблюдаемых явлений. Надо было сначала исследовать каждое явление в отдельности, прежде чем решиться в пользу определенного представления о строении ид.

Таким образом, все, что я до сих пор написал о наследственности, было только *подготовительной работой* для развития развернутой теории, но не самой теорией. Именно относительно последних исходных положений теории я дольше всего пребывал в сомнении. Мне казалось, что дарвиновская теория наследственности слишком далека от действительности. И сегодня еще я убежден, что существенная часть учения Дарвина не соответствует действительности. Это касается гипотезы об образовании геммул в клетках сомы, их отделении, циркуляции в крови и скоплении в зародышевых клетках, т. е. той части учения Дарвина, которая получила название «пангенезис». По моему мнению, «всё» не может участвовать в создании нового целого. Создавать новый

[1] «Amphimixis, oder die Vermischung der Individuen», Jena, 1891.

организм может лишь определенное вещество, специально для этого предназначенное, обладающее сложнейшей структурой — зародышевая плазма. Она никогда не создается заново, она лишь растет, размножается и переносится из одного поколения в другое. Мою теорию «бластогенезиса» (развития из зародышевого вещества) можно было бы поэтому противопоставить теории «пангенезиса» (образования из всех частей организма).

Долгое время я сомневался не только в этом аспекте пангенезиса, но и в общих его основах. Идея об «органообразующих зачатках» казалась мне слишком легким решением загадки. Я считал, что при этом в зародыше должно бы скапливаться невероятное количество «зачатков». Я старался представить себе менее запутанное строение зародышевого вещества, которое усложнялось бы лишь в процессе развития. Другими словами, я искал такое зародышевое вещество, из которого организм мог бы развиваться эпигенетическим путем, а не эволюционным. Мною были разработаны многие варианты; некоторые из них мне казались удачными, но при проверке на фактах они неизменно оказывались несостоятельными. Наконец, я пришел к выводу, что эпигенетического развития вообще быть не может. В первой главе этой книги мною представляется формальное доказательство в пользу эволюционного развития, причем настолько простое и близколежащее, что теперь я не могу даже понять, как я мог столь долго его не видеть.

Я рад, что по крайней мере в общей основе моих теоретических представлений я нахожусь на одной платформе с великим английским естествоиспытателем и строю на основе, заложенной им. Читатели также увидят, что в существенных вопросах я согласен и с некоторыми другими исследователями, прежде всего с де Фризом и Визнером. В совпадении основных позиций я вижу признак того, что в данной области науки возможно отличить верное от неверного. Проблема наследственности, отданная, казалось бы, во власть самых произвольных спекуляций, может быть решена, и я уверен, что среди возможных вариантов ученые смогут выделить наиболее вероятные, а позднее среди вероятных — тот единственный, который соответствует действительности. Правда, на это потребуется много времени, и мы будем приближаться к истине постепенно, но путь к ней предуказан,— он лежит в сочетании экспериментальных исследований с теоретическими. Факты формируют наше представление об их взаимосвязях; новые теоретические представления дают почин новым проблемам и экспериментальным исследованиям; экспериментальные данные, со своей стороны, могут привести к новой интерпретации явлений.

Именно таким путем до относительной ясности удалось довести биологическое явление, которое до недавнего времени оставалось непонятным; я имею в виду половое размножение. Мы будем завоевывать все более крепкие позиции и в области наследственности, которая ранее

была крайне недоступной. На мой взгляд особенно перспективно в этой проблеме то, что мы можем атаковать ее как бы с двух сторон, изучая как наследственные явления, так и теперь нам известное «наследственное вещество». Мы можем теперь оценивать справедливость теории какого-либо наследственного явления, так как можем судить по крайней мере о том, совместима ли эта теория с поведением наследственного вещества. До сих пор такой возможности не было, и поэтому основы более ранних теорий наследственности висели, так сказать, в воздухе; это относится к специфическим частицам Дарвина и к «жизненным единицам» Герберта Спенсера. Сегодня мы в лучшем положении, и я не сомневаюсь, что наука проникнет намного глубже в сложные процессы, происходящие в зародышевых веществах. Для этого необходима тесная взаимосвязь теории и эксперимента и каждый шаг в области теории надо использовать для постановки новых вопросов относительно поведения таинственных зародышевых веществ.

Хотя мы сегодня еще далеки от полного понимания проблемы наследственности, я все же надеюсь, что теория, которую я здесь излагаю, не является игрой фантазии. Мне хочется верить, что будущее признает за ней, наряду со многими допущениями, некоторые твердо установленные принципы. Никто не может ощущать более остро, чем я сам, насколько это лишь первая работа, за которой должны последовать более совершенные. Поэтому я придал своей книге не форму учебника, а скорее форму отчета о проведенных исследованиях. Я не ставил себе целью провозглашать аксиомы. Я стремился сформулировать вопросы, ответить на них с большей или меньшей степенью уверенности, а ряд вопросов я оставил открытыми для разрешения в будущем. Я не рассматриваю свою теорию как нечто неизменное и законченное, а как нечто, весьма нуждающееся в усовершенствовании и, я надеюсь, для этой цели пригодное.

Я стремился писать просто и понятно, не так, как пишут для специалистов. Я хотел привлечь к своему делу внимание всех, кто интересуется биологическими проблемами, прежде всего медиков и философов. По этой причине я включил в книгу некоторые рисунки, которые зоологу или ботанику могут показаться излишними. Эти рисунки предназначены для читателей более далеких от обсуждаемых проблем.

Естественно, что я, как зоолог, работал, в первую очередь, с материалом, относящимся к животному миру, включая и человека; каждый исследователь формирует свои воззрения в пределах того круга фактов, которые ему наиболее близки. Но я старался отдать должное и тем фактам, которые относятся и к растительному миру, и по мере возможности учитывать точки зрения ботаников. Читатель обнаружит, что некоторые наследственные явления у растений говорят в пользу фундаментальных предположений моей теории и что в нее вписываются такие факты, которые на первый взгляд ей противоречат.

Некоторые выразят сожаление по поводу отсутствия более подроб-

ного и разностороннего рассмотрения наследственных болезней. По этим вопросам имеется богатый фактический материал, и оттуда я использовал то, что мне казалось ценным для теории. Однако нельзя забывать, что болезнь возникает не только в результате собственно наследования, т. е. благодаря индивидуальной вариации зародыша; частично болезни возникают в результате инфицирования зародыша и на сегодня далеко не во всех случаях удается различить эти две причины возникновения болезней. Более подробно я останавливаюсь на этом в двенадцатой главе.

Появление этой книги задержалось на несколько месяцев потому, что одновременно она публикуется в английском переводе. Немецкая рукопись к концу апреля была уже настолько готова, что я смог внести лишь небольшие изменения и дополнения. Пусть это послужит извинением тому, что последние литературные новинки упомянуты очень кратко или совсем не цитируются.

В заключение я хочу высказать правительству Великого герцогства Баден благодарность за большую поддержку, оказанную моей работе тем, что на долгое время я был освобожден от исполнения своих академических обязанностей. Мне хотелось бы высказать искреннюю благодарность также моим друзьям и коллегам, профессорам Бауману, Люроту, Видерсгейму и Циглеру во Фрейбурге, а также профессору Гебелю в Мюнхене за обширные консультации и ценные дискуссии. Не менее я обязан Эльзе Дистель, которая помимо большой технической помощи проделала значительный труд по составлению алфавитного указателя.

Пусть этот плод долгой работы и многих сомнений выйдет в свет. Если даже немногие из моих теоретических положений останутся неизменными по сравнению с результатами будущих исследований, то я все же не поверю, что работал напрасно, так как даже заблуждение, если оно основано на правильных выводах, должно вести к истине.

Фрейбург в Бресгау,
19 мая 1892 г.



ДЕ ФРИЗ

(1848—1935)

Ботаник и генетик Гуго де Фриз родился в Гарлеме. Отец его был премьер-министром Голландии. Де Фриз учился в университетах Лейдена, Гейдельберга и Вюрцбурга. Первые работы, принесшие ему известность, были посвящены биохимии растений; в них впервые теория растворов Вант-Гоффа и Аррениуса была приложена к объяснению свойств внутриклеточных жидкостей.

В 1870 г. Министерство сельского хозяйства Пруссии обратилось к де Фризу с просьбой изучить ряд культурных растений. Так появились очерки де Фриза о клевере, сахарной свекле и картофеле, а у самого ученого возник глубокий интерес к проблемам наследственности и изменчивости. Исследования де Фриза, подытоженные в его первой монографии «Внутриклеточный пангенезис» (1889), были посвящены проблеме внутриклеточных носителей наследственности. Эти представления были противопоставлены теории Дарвина о пангенезисе, в которой полагалось, что носители наследственности обязаны своим возникновением организму в целом.

В 1892 г. де Фриз предпринял систематические исследования явлений наследственности у растений. Вскоре у ряда видов ему удалось наблюдать расщепление наследованных признаков при скрещивании в отношении 1 : 3. Работа де Фриза, где он

ссылается на исследования Менделя, опубликованные 34 годами раньше, вышла в 1900 г. Через два месяца аналогичные результаты были обнародованы Корренсом и Чермаком.

Для объяснения явлений изменчивости де Фриз сформулировал понятие о мутациях, которые он впервые наблюдал на Oenothera. Позднее было показано, что эти мутации обязаны перераспределению хромосом и не являются истинным возникновением нового гена. Тем не менее теория мутаций де Фриза занимает важное место в биологии, так как она впервые указала на путь возникновения изменчивости. Однако де Фриз не смог согласовать открытые генетикой факты с эволюционной теорией и выступил против учения Дарвина. Механизм мутаций был позднее раскрыт в генной теории наследственности. Умер де Фриз в Амстердаме, где прошла его научная жизнь.

Мы приводим предисловие и введение к первому тому итоговой монографии де Фриза «Теория мутаций» (1901—1903).

ТЕОРИЯ МУТАЦИЙ

ЭКСПЕРИМЕНТЫ И НАБЛЮДЕНИЯ О ВОЗНИКНОВЕНИИ ВИДОВ В РАСТИТЕЛЬНОМ МИРЕ

ТОМ I. ВОЗНИКНОВЕНИЕ ВИДОВ ВСЛЕДСТВИЕ МУТАЦИИ

Предисловие

До настоящего времени учение о возникновении видов относилось к описательным естественным наукам. Общепринято представление, что этот важнейший процесс не поддается непосредственному наблюдению и уж во всяком случае — экспериментальному исследованию.

Это убеждение основано на господствующих представлениях о понятии вида и на том мнении, что виды растений и животных возникли постепенно один из другого. Превращения эти представляются столь медлительными, что человеческой жизни не хватило бы для того, чтобы увидеть возникновение новой формы.

Задача данного труда состоит в том, чтобы в отличие от этого показать, что виды возникают в результате «внезапных внутренних изменений», «взрывов», и что отдельные «взрывы» относятся к процессам, которые можно наблюдать так же хорошо, как и любые другие физиологические процессы. Образовавшиеся в результате каждого из таких «взрывов» формы отличаются друг от друга столь же отчетливо и по такому же большому числу пунктов, как и большинство так называе-

мых малых видов и как многие родственные виды, описанные лучшими систематиками, даже такими как Линней.

Таким образом открывается возможность путем непосредственных наблюдений изучения культурных растений и опытов познать те законы, которым подчиняется процесс возникновения новых видов. Результаты таких исследований можно сопоставить с выводами, сделанными по этому вопросу на основании систематических, биологических и, главным образом, палеонтологических данных. Согласие между этими выводами и новейшими данными получается весьма удовлетворительное.

«Взрывы» или мутации, из которых «скачкообразные вариации» являются примерами наиболее известными, составляют особый раздел учения об изменчивости. Они происходят без каких-либо переходов и очень редки, в то время как обычные изменения происходят непрерывно и повсеместно.

Учение об изменчивости распадается таким образом на два раздела, из которых один относится к всегда имеющей место индивидуальной или флюктуирующей изменчивости, а второй — к собственно мутациям. Явления, относящиеся к первому разряду, подчиняются известным законам вероятности и обусловлены в существенной мере условиями питания; на них основано выведение ценных разновидностей, в частности в сельском хозяйстве.

Вследствие мутации возникают не только виды, но и вариации; в садоводстве, как давно известно, они играют выдающуюся роль. Поэтому необходимо углубленное, сравнительное и экспериментальное исследование вариаций садовых растений, чтобы получить разностороннюю картину способов возникновения новых видов.

Указанные соображения относятся, очевидно, в равной мере как к животным, так и к растениям. Будучи ботаником, я ограничился изучением растительного мира. Все же я полон надежд, что мои результаты позже найдут применение и по отношению к миру животных. Существенное значение имеет четкое отличие мутации от изменчивости также при применении результатов биологических исследований к обработке социальных проблем. Если с этими важнейшими вопросами учение о возникновении видов находится в весьма отдаленной связи, то исследование флюктуирующей изменчивости непосредственно затрагивает эмпирические основы социальных исследований.

Отличие названных двух разделов — изменчивости в более узком смысле от мутаций — станет с первого момента ясным, если предположить, что свойства организма складываются из определенных, резко отличных друг от друга признаков (единиц). Возникновение нового признака означает, что это мутация; но признак сам по себе изменяем по тем законам, по которым изменяемы все остальные, старые элементы вида.

С «признаками» гораздо удобнее оперировать в области исследования гибридов, чем в области учения о происхождении видов. По этой

концепции явления в области гибридизации, на первый взгляд чрезвычайно сложные, сводятся к простейшим случаям скрещивания родственных форм. И, наоборот, из комбинации таких элементарных процессов можно получить объяснение в отношении обычных гибридов и нередко предсказать поведение их в определенных обстоятельствах.

Задачей второго тома является приложение теории мутаций к учению о гибридах и рассмотрение вопроса, какие же выводы можно при этом сделать в отношении теории возникновения видов.

Познание законов возникновения мутаций в перспективе приведет к тому, что можно будет искусственно и произвольно создавать мутации и, следовательно, новые свойства растений и животных. И точно так же, как методом селекции можно выводить более ценные, более урожайные и более красивые виды, когда-нибудь, овладев законами возникновения мутаций, будут непрерывно улучшать виды культурных растений и животных.

Амстердам, август 1901 г.

Введение

Мутационной теорией я называю гипотезу, согласно которой свойства организма складываются из резко отличных друг от друга признаков (единиц). Эти единицы могут быть объединены в группы, и в родственных видах повторяются те же единицы и их группы. Переходных форм, какие нам демонстрируют на многочисленных примерах во внешнем облике растения и животные, между этими единицами не существует подобно тому, как не существует переходных форм молекул в химии.

Само собой разумеется, что эти положения относятся как к миру животных, так и к миру растений. В этой книге я все же ограничиваюсь растениями; я убежден, что правильность принципа будет общепризнана в отношении фауны, как только она будет доказана в отношении флоры.

В учении о происхождении видов эта гипотеза приводит к убеждению, что виды развивались один из другого не плавным, а «ступенчатым» образом. Каждая новая (в дополнение к старым) единица образует ступень и отделяет новую форму, как самостоятельный вид, полностью и очень резко от тех форм, из которых она возникла. Новый вид возникает таким образом спонтанно; он возникает из старых видов без видимой подготовки, без переходов.

Мутационная теория, на мой взгляд, кроме учения о происхождении видов распространяется на все учение о гибридах. Не виды, а признаки вида, так называемые элементы вида, являются теми единицами, о которых идет речь при гибридизации. Этот принцип дает возможность перейти к совершенно новому способу рассуждений — от простейших явлений можно постепенно подниматься к более сложным вместо того, что-

бы выдвигать на первый план, как это обычно принято, рассмотрение самых запутанных случаев.

По этим причинам данный труд делится на две части; в первой — рассматривается возникновение видов вследствие мутации, а во второй — принципы учения о гибридах.

В теории происхождения видов мутационная теория противостоит господствующей ныне теории селекции. По теории селекции обычная, или так называемая индивидуальная изменчивость, рассматривается как исходный механизм для возникновения новых видов. По мутационной теории эти процессы совершенно независимы друг от друга. Обычная изменчивость при самой строжайшей и длительной селекции, как я надеюсь показать, не может привести к практическому переходу за рамки вида, а еще меньше к образованию новых, стойко наследуемых признаков.

Каждое новое свойство возникает из существующей разновидности, но не просто из нормальной особи, а вследствие внезапного, хотя и незначительного ее изменения. По аналогии проще всего эти изменения сравнивать с химическими замещениями.

Вот эту «изменчивость, способную создавать новый вид», следует именовать снова старым термином «мутация», обычно применявшимся Дарвином. Возникновение мутации относится к числу процессов, о природе которых мы знаем еще очень мало. Наиболее известными примерами мутаций являются так называемые спонтанные изменения («Single variations»), дающие начало новым разновидностям, резко отличным друг от друга. Их обозначают также термином «скачкообразные разновидности». Несмотря на то, что они встречаются сравнительно часто, почти всегда их замечают только тогда, когда имеется налицо готовая новая форма и когда уже слишком поздно для того, чтобы проследить процесс ее возникновения экспериментально.

Можно найти эти новые формы среди культурных растений, которые часто представляют собой смеси, а также и в природе. Произвольно создавать их до сих пор не удается.

Подобным же образом следует, по моему мнению, представлять себе возникновение всех элементарных признаков животных и растительных форм.

В селекции известны оба типа изменчивости. Обычная изменчивость, которую можно назвать индивидуальной, флюктуирующей или постепенной, имеет место всегда и подчиняется определенным, сейчас в бо́льшей части известным законам. Она дает селекционеру материал для выведения ценного сорта. Наряду с этим он знаком со спонтанными вариациями, которые не нуждаются в селекции, а в худшем случае лишь в выведении чистой линии, и которые почти всегда с самого начала стойко передают свои свойства потомству.

Таким образом, учение об изменчивости распадается на два типа: изменчивость в более узком смысле слова и мутации. Первая — преи-

мущественно предмет статистических исследований. Основополагающие работы Кэтле и Гальтона в области антропологии подняли это учение до самостоятельной отрасли науки. В развитии этого учения в области биологии приняли участие Людвиг, Велдон, Бейтсон, Данкер, Иогансен, МакЛеод и многие другие исследователи.

Флюктуирующая изменчивость носит частью индивидуальный, в более узком значении этого слова, частью групповой характер. В первом случае речь идет о статистическом сравнении различных особей, в последнем — о различных органах особи, имеющих одно название, например, об отдельных листьях дерева. В обоих случаях изменчивость или, более точно, сфера изменений рассматривалась выдающимися исследователями с полным правом как приспособление к внешним условиям жизни.

Отдельные органы варьируют частично по размерам и весу, частично по своему количеству. В первом случае по Бейтсону говорят о непрерывной, а во втором — о перемежающейся изменчивости; однако эти термины другие исследователи использовали в ином смысле.

Законы возникновения мутаций совсем иные, чем законы изменяемости; но, насколько нам позволяют об этом судить наши недостаточно глубокие знания, они также независимы от морфологической природы особи. Отличают прогрессивную и регрессивную мутации. Первые обозначают возникновение новых свойств, последние ведут к утрате уже имевшихся. На прогрессивных мутациях основано развитие животного и растительного миров в рамках родословной; следствием регрессивной мутации являются бесчисленные отклонения видов от общего описания той систематической группы, к которой они отнесены.

Исходя из этих соображений, встают теперь задачи первого тома данного труда. Их две. Во-первых, необходим критический разбор фактических материалов, использованных Дарвином, Уоллесом и другими при обосновании учения о селекции. Во-вторых, необходимо экспериментальное исследование процесса возникновения новых видов. Эксперименты были начаты осенью 1886 г., и к настоящему времени они почти полностью закончены, во всяком случае в одном направлении. Описание их является основным содержанием первого тома.

Критический пересмотр фактических материалов составляет предмет первой главы.

Моя критика ограничивается данными из практики селекции и рассмотрением тех возможностей, которые предоставляет селекционеру индивидуальная изменчивость. Селекция, как уже говорилось, работает в двух направлениях. С одной стороны, отбираются из числа устойчивых видов наиболее удачные, и это ведет к повышению урожайности. С другой стороны, селекция улучшает сорта и дарит нам, например, великолепные плоды, которые можно получить только при вегетативном размножении, и ценные сорта — элиту, всегда связанные с исходными культурами. Но никогда селекция, насколько об этом позволяет судить опыт, не приводит к созданию совершенно самостоятельного типа.

Таким образом в первой главе я стремился с предельной ясностью изложить отличие между двумя основными типами изменчивости. При правильном понимании этого отличия без дальнейших пояснений будет очевидно, что индивидуальная изменчивость для возникновения новых видов значения не имеет, а мутации имеют большое значение.

Наравне с критическим рассмотрением этих вопросов я многократно пытался собственными экспериментами исследовать индивидуальную изменчивость и определить круг изменений, которых можно достичь в эксперименте. Оказалось, что они всегда значительно скромнее, чем предполагают обычно, руководствуясь теорией селекции.

Для экспериментальных исследований в части возникновения мутаций я выбрал растение, на котором в течение многих лет и весьма подробным образом удалось наблюдать процессы возникновения мутаций. Это *Oenothera Lamarckiana,* растение, которое мне показалось уже в 1886 г. перспективным в этом отношении. Вторая глава покажет, что это растение меня не обмануло. Подробнейшему описанию всех обнаруженных мутаций посвящена третья глава.



МОРГАН

(1866—1945)

Томас Хант Морган родился в Лексингтоне, штат Вирджиния, США. Образование он также получил в Америке: биологию изучал сначала в университете штата Кентукки, а затем в Балтиморе, в университете им. Джона Гопкинса. Несколько лет Морган был доцентом кафедры зоологии в колледже Брин Мор, затем профессором экспериментальной зоологии в Колумбийском университете (1904—1928). Именно там, в основном университете Нью-Йорка, были сделаны наиболее крупные открытия Моргана в области генетики. В качестве объекта им была выбрана муха дрозофила, и на ней Моргану и его ученикам Стертеванту, Бриджесу и Меллеру удалось изучить основные менделевские законы наследственности. Благодаря открытию сцепления признаков, им удалось построить линейную картину распределения генов в хромосоме и сформулировать основные представления хромосомной теории наследственности; картина строения хромосом, данная Морганом, и их исключительная роль в наследственности получили свое микроскопическое объяснение уже в современных открытиях молекулярной биологии.

В последний период жизни Морган был профессором биологии в Калифорнийском технологическом институте, и там, в Пасадине, он умер. Мы приводим введение к «Структурным основам наследственности» (1920).

СТРУКТУРНЫЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Введение

То обстоятельство, что важнейшие проявления наследственности оказались сведенными к очень простым фактам, внушает нам надежду, что и вся сущность ее, в конце концов, может быть нами вполне разъяснена. Так часто упоминаемая непостижимость этого явления есть заблуждение, основанное на недостатке наших знаний. Все это придает нам бодрость. Если бы окружающий нас мир был на самом деле так сложен, как его желают представить себе некоторые, действительно, дóлжно бы было сомневаться, что биология когда-нибудь может стать точной наукой. Я лично не являюсь сторонником взгляда, будто вопрос о путях эволюции из тех, «что никогда не дадут удовлетворения биологу, и что чем больше усилий ученый тратит на него, тем дальше уходит от его разрешения». Наоборот, успехи последнего времени и методы познания, которыми эти успехи достигнуты, привели нас, за сравнительно короткий промежуток времени, к решению важнейшей проблемы эволюции гораздо ближе, чем это кажется на первый взгляд. Если при этом в процессе работы (как в физике, в химии или в любой живой отрасли знания) определяются новые задачи, новые точки зрения — то это понятно само собой. Но только обскурантизм решится утверждать, будто прогресс в этих областях удаляет нас от решения наших основных проблем.

Мендель оставил свои заключения в виде двух основных законов: так называемого закона расщепления и закона независимого комбинирования генов. Законы эти основываются на цифровых данных; они являются, таким образом, законами количественными и, при желании, могут быть представлены в виде математической формулы. Но, несмотря на то, что формулировка их является совершенно точной, они все же не дают объяснения, *каким образом* управляемые ими явления осуществляются в живом организме. Исключительно математическая трактовка принципов расщепления и независимого распределения генов едва ли на долгое время смогла бы удовлетворить ботаников и зоологов. Неизбежно должно было возникнуть стремление определить *где*, *когда* и *как* осуществляется процесс расщепления и воссоединения, и неизбежно должна была явиться попытка согласовать эти явления с удивительными процессами в половых клетках, имеющих такое всеобщее распространение.

Саттон был первый, кто в 1902 г. определенно высказал, что хромосомный аппарат, насколько он был тогда известен, представляет собою необходимый механизм для осуществления менделевских принципов.

Данные, на которые опирался Саттон, были накоплены в промежуток между 1865 г., когда была опубликована работа Менделя, и 1900 г., когда его положения получили уже всеобщее признание. Мы оставим

пока подробное описание хромосомного механизма; я упоминаю о нем только для того, чтобы обратить внимание на обстоятельство, редко в достаточной мере подчеркиваемое,— именно на то, что признание этого механизма неизбежно приводит нас к логическому выводу, что менделевское расщепление является решающим моментом не только при образовании помесей, но, в одинаковой мере, и при всех нормальных процессах подобного рода, во все времена имевших место среди всех животных и растений, будь то гибриды или нет. Последовательно рассуждая, мы убеждаемся, что имеем дело с принципом, управляющим группировкой материала, передающегося от поколения к поколению.

Расщепление и независимое комбинирование генов — два основных положения наследственности, установленные Менделем. За время с 1900 г. к ним присоединены еще четыре; они могут быть названы так: принцип сцепления генов, линейное их расположение, интерференция и принцип ограничения числа групп сцепления. В том же самом смысле, как в области физических знаний, основные обобщения этой науки обычно называют «законами», мы в этом же смысле можем и упомянутые выше обобщения назвать шестью законами наследственности, известными нам по настоящее время. Несмотря на то, что применение термина «закон» в популярных произведениях биологии часто является злоупотреблением, все же мы не боимся пользоваться им в данном случае, так как предпосылки его здесь являются хорошо обоснованными критикой того же самого научного метода, какой применяется в химии или физике, т. е. путем вывода их количественных данных. За исключением шестого, все эти законы могут быть обоснованы независимо от механизма хромосом; с другой стороны, они сами являются неизбежными следствиями этого механизма.

Теория строения зародышевой плазмы, к которой привели открытия Менделя, не только оставалась непризнанной в течение пятидесяти лет, но даже в наше время принцип факторального наследования, на котором она базируется, встречает различное отношение.

Один из видных современных ученых утверждает, например, что факторальная теория, в общем, не может сколько-нибудь способствовать разрешению основных задач биологии; другой автор заявляет, что если бы хроматин сперматозоидов оказался «исписанным», т. е. состоящим из обособленных зачатков, определяющих отдельные признаки взрослого организма, то мы должны бы были предположить чрезвычайную сложность строения хроматина спермиев, гораздо большую, чем хроматина каких-либо других клеток данного организма, именно потому, что мы предполагаем в нем представленными все другие хроматины. Однако, как показывает химическое исследование, хроматин спермы рыб оказывается более простым, чем какой-либо другой.

Если бы наши сведения о химической структуре хроматина ушли настолько вперед, что можно было бы говорить об определенных, положительных данных, тогда представлялась бы возможность выдвинуть выше-

указанное предположение, и упомянутые возражения могли бы показаться основательными; но весьма далеко от очевидности, что хроматин семенных клеток непременно должен быть более сложным, чем тот же хроматин клеток эмбриона или развитого животного; и, даже если бы существовало подобное различие между зародышевым путем и клетками тела, все же возражение не попадало бы в цель, так как наследственность имеет дело со строением хроматина в зародышевом пути, а вовсе не хроматина клеток тела. До той поры, пока биохимики все еще стоят перед задачей собирать материалы по изучению хромосом и не дают нам лучшей, чем до сих пор, критики уже имеющихся данных, для нас, по моему мнению, не представляется необходимым слишком смущаться подобными возражениями, в особенности, если мы сами оперируем с нашим материалом по всем методам научного исследования.

Возражения других критиков направляются вообще против всяких попыток рассматривать проблему наследственности с точки зрения факторальной гипотезы. Много раз, например, говорилось, что, так как предполагаемые генетические факторы не являются тождественными ни с какими иными известными химическими веществами, то и самое предположение, что они представляют вообще химические вещества, является натяжкой и дает повод к ложным аналогиям. Некоторые из критиков полагают, что вообще все дело, в лучшем случае, сводится только к символике; прежде всего говорят, что факторальная гипотеза не представляет собой реальной научной гипотезы, что она только перечисляет факты, маскируя их названиями генов, и, играя цифрами, создает лишь впечатление, будто что-то объясняет. Утверждают даже, что явления менделирования имеют место лишь при неестественных условиях, что они не имеют никакого отношения к нормальным проявлениям наследственности при эволюции организмов в «природе».

Возражали даже, что будто бы факторальная гипотеза требует, что факторы должны быть настолько же постоянными и неизменными, как какие-нибудь молекулы, но что в органическом мире такого постоянства найти невозможно. Наконец, возражают, что будто гипотеза имеет своей предпосылкой непрерывную вариацию, которой, однако, говорят, не существует.

Если бы все, что приводится в этих возражениях, было бы действительно справедливо, то тогда на самом деле нельзя было бы назвать попытку объяснения явлений наследственности факторальной гипотезой иначе, как делом досужей фантазии. В нижеследующих главах мы попытаемся привести все материалы, на которых строятся современные воззрения на явления наследственности, в надежде, что изучение этого материала поможет нам опровергнуть все эти сделанные априори возражения. Необходимо показать, что все эти возражения не имеют под собой реальной почвы.



ФИШЕР

(1890—1962)

Рональд Эймлер Фишер родился в Лондоне. В 1912 г. Фишер окончил Кембриджский университет, где он изучал физику и математику. Несколько лет он преподавал и занимался статистикой, пока в 1919 г. не стал сотрудником Ротамстедской экспериментальной станции. В этом основном научном центре Англии в области прикладной биологии, столкнувшись с проблемой статистической обработки массовых опытов по селекции сельскохозяйственных культур и генетике, Фишер написал свою известную книгу «Методы статистики для научных работников». В дальнейшем эти вопросы им разрабатывались и пропагандировались в течение всей жизни, и именно ему мы обязаны широким внедрением методов математической статистики не только в биологию, но и в другие области экспериментальных исследований. В течение десяти лет Фишер занимал гальтоновскую кафедру в Лондоне. Затем с 1936 по 1943 г. он занимал кафедру генетики в Кембридже, где работал до своей отставки в 1957 г, когда он переехал в Австралию. Он умер в Аделаиде.

Одна из основных проблем биологии состояла в объяснении механизма эволюционного процесса. Первым и значительным шагом в этом направлении была работа советского биолога, ученика Н. К. Кольцова, С. С. Четверикова «О некоторых момен-

тах эволюционной теории с точки зрения современной генетики» (1926). С другой стороны, интересы Фишера в области биологии и глубокое знание статистики привели его к основным концепциям популяционной генетики. Классическим сочинением, с которого в значительной мере началось развитие этой области биологии, является «Генетическая теория естественного отбора» (1930), предисловие к которой мы и приводим.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТБОРА

Естественный отбор не есть эволюция; тем не менее, с тех пор как эти два слова стали общеупотребительными, к «теории естественного отбора» часто обращались как к удобному сокращению названия «теории эволюции путем естественного отбора», предложенной Дарвином и Уоллесом. Неудачным следствием этого стало то, что теория естественного отбора почти (а может быть и никогда) не рассматривалась отдельно. Если мы обратимся к аналогии в физике, то законы теплопроводности в твердых телах можно, например, вывести из законов статистической механики. Было бы, однако, печальным ограничением, приведшим, наверное, к большой путанице, если бы статистическая механика рассматривалась бы только в связи с вопросами теплопроводности. В этом случае ясно, что рассмотрение определенного физического явления имело бы теоретический интерес, малый по сравнению с тем принципом, который используется для его расчета. Преобладающая важность эволюции для биологических наук частично объясняет, почему теория естественного отбора настолько полно смыкается с ее проявлением в эволюции, и это привело к полному пренебрежению ею как независимым принципом, заслуживающим научного изучения.

Другие биологические теории, которые предлагались либо как вспомогательные, либо как единственный источник эволюции органического мира, не находятся в таком положении. Сторонники естественного отбора не упускали случая отметить то, что, по-видимому, больше всего привлекало Дарвина и Уоллеса — естественный отбор предполагает объяснение изменений органического мира, опирающееся только на «известные» или независимо существующие причины. Другие же теории изменчивости скрыто подразумевают гипотетические свойства живого вещества, наличие которых обосновывается самим фактом эволюции. Несмотря на то, что эта разница часто подчеркивалась, ее логические следствия не могли быть полностью развиты без специального исследования независимо существующих причинных факторов, в которых можно видеть ее основание. Настоящая книга, несмотря на все ограничения, свойственные первой попытке, предполагает рассмотрение собственных возможностей теории естественного отбора.

Когда эта теория впервые была предложена, самым смутным ее элементом был принцип наследственности. Ни ученые-знатоки, ни наблюдатели не могли отрицать этот принцип, хотя в то же самое время не было никаких подходов к объяснению его механизма. Теперь же сама возможность независимого изучения естественного отбора в значительной мере обязана большим достижениям нашего поколения в генетике. Заслуживает быть отмеченным, что первыми решающими опытами, которые открыли эту часть биологии как область точного знания, мы обязаны молодому математику Грегору Менделю, чьи интересы в области статистики распространялись на физические и биологические науки. Известно, что его опытами, к величайшему огорчению их автора, пренебрегли. Произошло это, по-видимому, потому, что они никогда не были представлены вниманию человека, достаточно подготовленного для оценки их значения. Не менее удивительно, что в 1900 г., когда факты генетики были заново открыты де Фризом, Чермаком и Корренсом и, наконец, было понято все значение работ Менделя, основные возражения исходили от небольшой группы лиц, занимающихся математической статистикой и изучающих наследственность.

Действительно, образ мышления, воспитанный при обучении математиков и биологов, существенно различен, причем это различие вовсе не лежит в их умственных способностях. Было бы совершенно ошибочным полагать, что преобразование математических символов требует бóльшего ума, чем творческое мышление в биологии. Напротив, кажется, что такие действия имеют много общего с обращением с микроскопом и приготовлением препаратов и срезов, в то время как творческое мышление в той и другой областях соответствует очень близким способностям. Это находит свое отражение в том, что обучение, строго говоря, вообще мало влияет на умственные способности. Но обучение оказывает глубокое влияние на творческое воображение, и можно думать, что математики и биологи существенно отличаются именно в том, в какой мере они используют свое воображение. Многие из биологов будут считать, что все преимущества находятся на их стороне. Их рано знакомят с колоссальным разнообразием всего живого, даже первые вскрытия, будь то лягушки или морской собаки, открывают им мир поразительной сложности и интереса, в то время как математик будто бы имеет дело с голыми абстракциями, с точками и линиями, бесконечно тонкими поверхностями и массами, сосредоточенными в центре тяжести. Может быть, лучше всего я могу подчеркнуть, что воображение математика также достаточно развито, процитировав замечание Эддингтона, невзначай оброненное им в недавно изданной его книге:

«Мы можем лишь добавить, что в естественных науках рассмотрение более широкой области, чем действительной, часто приводит к гораздо бóльшему пониманию самой действительности» (Природа физического мира, стр. 267).

Для математика такое замечание почти тривиально. Для биолога, в сфере своих интересов, это подразумевает исключительную широту взглядов. Никакой биолог, изучающий, скажем, вопросы полового размножения, не станет детально рассматривать организмы, обладающие тремя или более полами. Однако, что же ему следует еще делать, если он хочет понять, почему в действительности их всегда только два? Обычная последовательность действий математика, решающего любую реальную проблему, именно и состоит в том, что после того, как он выделил то, что ему кажется существенным, рассматривать это как частный случай гораздо более общей системы возможностей, чем действительность. Существенные отношения тогда могут быть получены путем обобщения; они будут выражены через общие формулы и по желанию могут быть применены к любому частному случаю. Даже слово «возможности» в этом утверждении уже несколько ограничивает область практических действий, которым он обучен, ибо его, например, рано знакомят с преимуществами мнимых решений. Так, он может думать о волне, о переменном токе в образах квадратного корня из минус единицы. В интеллектуальном сотрудничестве наибольшая трудность, наверное, была бы преодолена, если бы всеми ясно признавалось, что существенная разница лежит не в методах мышления, в еще меньшей степени не в умственных способностях, а в той исключительно развитой и специализированной способности к воображению, которую испытывает каждый из нас в отношении к своему предмету занятий. Я не могу представить себе более полезной перемены в образовании ученых, чем та, которая позволила бы каждому из нас даже в малой степени оценить все величие проектов, исследованных творческим умом других.

В будущем революционное значение менделизма несомненно будет вытекать из атомного, молекулярного характера элементов наследственности. Именно на этих фактах должна быть основана рациональная теория естественного отбора и именно поэтому они так исключительно важны. Заслуга этого открытия несомненно принадлежит Менделю; среди наших соотечественников Бейтсон играл важную роль в их пропаганде. К сожалению, он был не готов признать математические или статистические аспекты в биологии, и поэтому, а также и по другим причинам, он не только сам был неспособен оформить эволюционную теорию, но он совершенно не смог увидеть, как менделизм дает недостающие звенья в том строении, которое было воздвигнуто Дарвином. Данная им интерпретация законов Менделя была слишком окрашена его предшествующей верой во внезапность образования отдельных форм. Хотя его влияние на эволюционную теорию было в основном тормозящим, могучая сила менделевских исследований, проведенных во всем мире, в конце концов переросла бы ошибочные воззрения, которые вначале их стимулировали. Как пионер генетики, Бейтсон сделал более чем достаточно для того, чтобы искупить опрометчивые полемические высказывания своих ранних работ.

Рассматривать естественный отбор как независимый фактор, опирающийся на свои собственные основания, ни коим образом не значит преуменьшать его значение в теории эволюции. Напротив, как только мы потребуем доводов, основанных на сравнениях и аналогиях, то для наших выводов незамедлительно потребуется такая основа. Необходимость этого особенно существенна для человечества. Действительно, мы владеем некоторым пониманием строения общества, мотивами поведения людей и статистическими данными, описывающими жизнь этого вида; здесь есть возможность использовать дедуктивный метод для более глубокого познания эволюционного процесса, чем где-либо. Следует также заметить, что важность этого предмета привлекает внимание к некоторым последствиям принципа естественного отбора, которые, поскольку они не состоят в адаптивной изменчивости отдельных форм, могли избежать необходимого внимания. Генетические влияния доминанты и связей, по-видимому, принадлежат к явлениям такого рода, и их рассмотрение в будущем может существенно расширить область данного предмета.

Никакие усилия с моей стороны не смогли сделать книгу простой для чтения. Я попытался помочь читателю, снабдив в конце краткими выводами каждую главу, кроме главы IV, которая подытожена совместно с главой V. Те, кому это будет угодно, могут рассматривать главу IV как математическое приложение к соответствующей части выводов. Заключения, касающиеся человека, строго говоря, неотделимы от общих глав, но они выделены в отдельные главы, начинающиеся с главы VIII. Я уверен, что никто не будет удивлен тому, что многие вопросы требуют куда более полного, более строгого и исчерпывающего рассмотрения. По-видимому, невозможно со всей справедливостью представить этот предмет нужным образом, пока не возникнет традиция математических работ, посвященных биологическим проблемам, сравнимая с исследованиями, к которым в математической физике прибегают для разрешения особых трудностей.

Ротамстед,
июнь 1929 г.



КОЛЬЦОВ

(1872—1940)

«Не будет преувеличением сказать, что огромная заслуга всего развития физико-химической биологии в Советском Союзе, в первые решающие периоды ее становления целиком должна быть отнесена за счет необычайно плодотворной деятельности одного выдающегося исследователя, организатора и пропагандиста науки — Николая Константиновича Кольцова» — так в канун 100-летнего юбилея ученого писал академик В. А. Энгельгардт, сам начинавший свою научную работу у Кольцова.

Николай Константинович Кольцов родился в Москве в семье бухгалтера. Романтический юноша, он с золотой медалью окончил гимназию и к 17 годам самостоятельно изучил немецкий, французский и английский языки. После окончания Московского университета, где его учителем был видный русский дарвинист М. А. Мензбир, Кольцов на два года едет за границу. Он работает в Германии и в Италии, там на знаменитой Неаполитанской морской научной станции формируются научные взгляды Кольцова, посвятившего себя решению основных проблем эволюции методами цитологии. После возвращения в Москву он становится приват-доцентом и читает в университете в течение многих лет курс общей зоологии.

Потрясенный поражением революции 1905 года Кольцов пишет свое гневное «Памяти павших». Брошюру конфискуют, а с руководством университета и профессором Мензбиром происходит резкое охлаждение отношений; Кольцов отказывается от защиты докторской диссертации и не получает профессуру. Он начинает преподавать в Московском городском народном университете, основанном золотопромышленником Шанявским, и на Высших женских курсах. Там он встречает Марию Полиевктовну Шорыгину, которая вскоре становится его женой. Предвоенные годы отмечены работами Кольцова в области цитологии; он публикует ряд исследований, ныне ставших классическими. В эти же годы Кольцов становится первым редактором научно-популярного журнала «Природа».

В 1917 г. Кольцов—основатель Института экспериментальной биологии. Вокруг него начинает складываться мощный коллектив ученых. Основной задачей Института Кольцов считал исследование проблемы экспериментального видообразования. За много лет до открытия ДНК Кольцов прямо указывал на молекулярный механизм редупликации носителей наследственности, провозгласив принцип: «Каждая молекула от молекулы». Директором Института Кольцов был до 1938 г. Через два года, во время конференции в Ленинграде, он умер от сердечного приступа. Через день после смерти мужа скончалась Мария Полиевктовна. Кольцовых хоронили вместе; детей у них не было. Кольцов создал сильную научную школу. Как руководитель он искал в учениках не исполнителей своих идей, а сотрудников, коллег, которые вместе с ним целеустремленно решали общую проблему.

Мы приводим основные разделы предисловия к итоговой монографии Кольцова «Организация клетки» (1934), опустив только обширные автобиографические заметки автора.

ОРГАНИЗАЦИЯ КЛЕТКИ

Жизнь определяется обычно, как непрерывный обмен веществ и непрерывная смена энергии в определенной, хотя также постоянно изменяющейся организованной системе. Из этого определения нельзя выкинуть ни одну из его частей, так как в отдельности и обмен веществ и смену энергии мы находим в самых различных явлениях природы, а организованные системы мы также встречаем и в атомах и в молекулах, в кристаллах и в солнечных мирах. Чтобы открыть подлинную специфичность жизненных явлений, необходимо глубже анализировать три основных особенности жизни: обмен веществ, смену энергии и форму системы — «морфу».

Всякий анализ жизненных явлений сопровождается неизбежно упрощением проблемы, так как для анализа мы всегда должны выделить какую-то часть сложнейшей исторически сложившейся и находящейся в непрерывном изменении системы живого организма; и мы изучаем эту часть без связи с целым, стремясь в то же время разложить на все более и более простые и понятные нам физические и химические компоненты. В нашем распоряжении нет вообще иного пути для анализа жизненных явлений, и все огромные успехи экспериментальной биологии, начиная с открытия кровообращения Гарвеем триста лет назад до последних достижений генетики, механики развития или учения о гормонах, получены нами именно по пути такого упрощающего анализа. Такое неиз-

бежное упрощение, непрестанно обогащающее науку все новыми и новыми фактами, влечет за собой опасность искаженного миропонимания лишь в том случае, если мы на нем останавливаемся, забывая о необходимости синтеза отдельных изученных нами частей в единое целое, имеющее свою историю и непрерывно изменяющееся.

Элементарный химический анализ организма, определение его состава из тех или иных химических элементов и выделение из него определенных химических веществ, будь это мочевина, углеводы, жиры, аминокислоты или стеролы, конечно, уводит нас очень далеко от представления о живом организме, как развивающемся целом. Но мы никогда не откажемся от таких упрощений, так как хорошо понимаем, что без них нам не удастся построить научного представления о жизни. И пока мы не получим сколько-нибудь ясного понимания химической структуры белков — а мы должны признать, что о структуре белковой молекулы и о ее синтезе мы до сих пор почти ничего не знаем — общую синтетическую картину обмена веществ в организме мы должны строить лишь на основании непроверенных, не подтвержденных фактами гипотетических соображений.

Мы имеем основание думать, что в природе нет таких энергетических процессов, которые не сопровождались бы возникновением все новых и новых разниц потенциалов. Когда разницы выравниваются, процесс останавливается. Жизнь есть сложнейший и многообразный непрерывно текущий энергетический процесс, и при ее анализе мы всегда стремимся установить изменение разницы потенциалов для каждого из частичных потоков энергии, для каждого акта раздражимости. К сожалению, это удается лишь в исключительно редких случаях. И все же мы должны стремиться к осуществлению таких анализов хотя бы в немногих простейших случаях, в надежде, что когда-нибудь нам удастся синтезировать энергетическую картину развивающегося яйца в формулах меняющейся разницы потенциалов в различных пунктах силового поля.

Анализ формы сопряжен с еще большими затруднениями и упрощениями, чем анализ обмена веществ и смены энергии. Форму организма, как правило, мы изучаем на трупах, т. е. уже на неживом объекте. Анализ строения организма на трупах сыграл огромную роль в развитии сравнительной анатомии и палеонтологии и положил основу для создания эволюционной теории. Но, пользуясь этим методом анализа строения организмов, мы чрезвычайно упрощаем всю проблему формы, выхолащиваем из нее элементы развития и каузальности. Синтетическая картина эволюции органических форм не вытекает непосредственно из данных анатомического анализа, а строится нами умозрительно при посредстве ряда гипотетических сопоставлений. Правда, мощное развитие молодой науки XX века — генетики дало в наши руки новый метод анализа формы, и когда-нибудь генетика станет действительно экспериментально-эволюционной наукой. Уже и теперь генетический анализ в некоторых случаях так далеко продвинулся вперед, что мы в состоянии по заранее намеченному плану синтезировать новые формы, так что этим уже вводится некоторый новый элемент каузальности в эволюционное учение, и сопостав-

ляемые нами на основании анализа гипотезы подвергаются проверке на практике путем синтеза. Но, конечно, и здесь анализ привел к очень упрощенным представлениям: есть очень резкий качественный разрыв между комплексом заключенных в хромосомах генов и структурными особенностями организма. Несмотря на успешное развитие экспериментальной эмбриологии, этот разрыв до сих пор остается незаполненным фактическим материалом, и чтобы воссоздать цепь причинных связей, соединяющих заключенный в ядре яйца генотип с фенотипом развивающегося организма, нам приходится нагромождать одну на другую умозрительные гипотезы.

Учение о клетке с самого своего основания сто лет назад явилось одним из самых могущественных методов биологического анализа формы. Само собою разумеется, и здесь анализ сопровождался упрощением проблемы, и притом не только в первые десятилетия развития цитологии, когда на клетки смотрели как на строительные кирпичики определенной формы, но даже в то время, когда уже укрепилось представление о клетке как об элементарном организме, обладающем всеми жизненными свойствами. Конечно, многоклеточный организм не есть сумма тканей, а ткани не только сумма отдельных клеток, но нам совершенно необходимо сумму разложить на слагаемые; и если мы когда-нибудь поймем, как происходит обмен веществ и смена энергии в той организованной обладающей определенной формой системе, которую мы вот уже в течение ста лет называем клеткой, то это расчистит путь для дальнейшего синтеза.

Проблеме организации клетки и посвящается настоящая книга, представляющая собрание моих работ, напечатанных за последние тридцать с лишком лет. В своих экспериментальных исследованиях я шел по единственно доступному для экспериментатора пути анализа биологии клетки Я никогда не скрывал ни от себя, ни от читателя, что сложнейшая проблема жизни при анализе упрощается, и чем мельче выделяемые из суммы слагаемые, тем более интенсивным оказывается упрощение. Моим стремлением всегда было довести эти слагаемые до простоты химических и физических процессов, протекающих в молекулярных структурах, и мне кажется удавалось довести анализ очень близко к поставленной цели. За это меня порою называли «механистом», но, по-моему, совершенно неправильно, так как при анализе нельзя не быть «механистом», упрощенцем. И при анализе нельзя останавливаться на полпути: каждый желающий сказать свое слово исследователь должен стремиться довести упрощение до конца. И он совершенно прав, если только не забывает при этом о необходимости синтеза, который снова должен воссоздать из физических и химических слагаемых сложную картину жизни со всеми ее качественными особенностями. На новой стадии такое «сведение» биологических явлений к физике и химии не только вполне законно, но и необходимо: без него нельзя продвинуться далее.

При современном состоянии науки синтез всего учения о жизни чрезвычайно труден и не под силу отдельному ученому. Анализ биологических явлений еще до такой степени далек от полноты, что связать в

единое целое обрывки имеющегося налицо фактического материала возможно лишь путем умозрительных гипотез. Каждый ученый, отважившийся на синтез, наперед знает, что многие из этих гипотез окажутся неверными и будут отвергнуты при практической проверке. Но уже то существенно, что некоторые из этих гипотез будут проверяться и могут подать мысль о постановке тех или иных экспериментов. А для экспериментатора, как я выразился в одном из своих последних докладов, гораздо выгоднее работать с плохими гипотезами, чем вовсе без гипотез, когда неизвестно, что́ надо проверять.

Я полагаю, что настоящая книга может представлять интерес для читателя как история сорокалетних исканий биолога в области одной определенной проблемы: организации клетки. Притом же эти искания в значительной степени отражали параллельное историческое развитие биологической науки, весьма богатое событиями за этот период. Ведь как раз в начале этого периода зарождались новые экспериментальные биологические науки: экспериментальная цитология, биохимия, механика развития, генетика...

Экспериментальные работы всегда носят несколько суженный специальный характер. В области биологии они всегда посвящены анализу той или иной группы явлений и устанавливаемые ими закономерности всегда в большей или меньшей степени упрощают огромную сложность и разносторонность жизни. Многие биологи принципиально не желают выходить за пределы своей узкой специальности и ограничивают литературную работу изложением результатов своих экспериментов, следуя заветам Ньютона, который, хотя и не совсем справедливо, утверждал, что он «не выдумывает гипотез». Я не принадлежу к такой группе биологов, так как наряду с анализом меня всегда интересовал и синтез. Но всегда ясно сознавал, что всякий синтез сопряжен с гипотезами, а потому неизбежно является дискуссионным. И если я все же решаюсь во втором отделе настоящего сборника собрать ряд напечатанных мною за последние 20 лет статей более общего теоретического характера, то я заранее знаю, что многое в этих статьях покажется спорным и впоследствии будет отвергнуто. Но многое, вероятно, все же окажется ценным, возбудит ряд мыслей у молодого поколения советских биологов и может быть побудит их к постановке новых экспериментов. Основной моей задачей во всех этих теоретических статьях являлось стремление связать между собой научные достижения различных областей биологии с достижениями в других областях естествознания — с химией, физикой, кристаллографией. При современной специализации наук о природе невозможно одному ученому глубоко охватить знания во всех этих науках. Но отсюда, по-моему, никак не следует делать вывода, что каждый натуралист, специализирующийся в какой-нибудь области, обязан отмежеваться от соседних областей, знания в которых у него не могут быть столь же глубокими, как у соответствующих специалистов. Я предпочитаю лучше заслужить упрек в дилетантском отношении к соседним научным областям, чем вовсе от них отмежевываться, так как я в течение всей своей научной деятельности

был глубоко убежден, что именно работа в промежуточных областях может обогатить нас наиболее плодотворными общими идеями. В своих экспериментальных работах и теоретических статьях я высказываю мысли о том, что в основе морфологии клетки лежат физико-химические закономерности; что раздражимость эффекторных органов является результатом нарушения равновесия катионов на клеточной поверхности; что все наследственные особенности организма заключены в структуре хромосомных молекул; что в развитии организма из яйца лежит постепенное осложнение единого силового поля путем возникновения новых и новых разниц потенциалов. Критик, который выхватит из моих работ и статей эти отдельные мысли, может, конечно, обвинять меня в механистическом упрощении. На самом деле я здесь, как всюду, лишь распространяю на биологические явления те физико-химические закономерности, которые общи всем явлениям природы. И если такой критик вместо того, чтобы выхватывать отдельные мысли и фразы из моих статей, пожелает понять, как я связываю их, синтезируя понятие о жизни, то он должен будет убедиться в том, что я далек от упрощенчества.

В области собственно биологических наук я стремлюсь объединить между собой те основные ветви современных научных течений, которые за последнее время слишком далеко разошлись друг от друга: морфологию и физиологию, генетику и механику развития, цитологию и биохимию. Как бы ни удобна была узкая специализация в периоды, когда требуется прежде всего накопление фактов, но, конечно, должны быть положены пределы отмежеванию друг от друга отдельных отраслей единого учения о жизни. Издавая настоящую книгу, я далек от мысли считать свои представления о жизни окончательно сложившимися. Мы живем в период бурного развития всех наук о природе: и физических, и химических, и биологических. Каждый год приносит человечеству победы на том или ином из научных фронтов, и в целом ряде случаев мы уже не удовлетворяемся тем, что познаем природу, а стремимся ее перестраивать по собственному плану.

Организация клетки — проблема чисто теоретическая, познавательная. Но в некоторых из своих статей я привожу примеры того, как в связи с углублением наших знаний в области этой проблемы создаются возможности для творческой перестройки природы. Уже и теперь человечество многим обязано развитию углубленных представлений по организации клетки, хотя самое представление о клетке в своей первоначальной очень примитивной форме сложилось лишь сто лет тому назад [1].

Успехи медицинских наук и сельского хозяйства самым тесным образом связаны с дальнейшим развитием наших представлений по организации клетки. И я нисколько не сомневаюсь, что в течение ближайших десятилетий развитие этой проблемы сыграет огромную роль в жизни человечества.

[1] Столетний юбилей клеточной теории будет праздноваться в 1938 г., но экспериментальная часть работ Шванна была закончена, конечно, ранее 1838 г.

VII. ФИЗИОЛОГИЯ И ПАТОЛОГИЯ



ГАЛЛЕР

(1708—1777)

Альбрехт фон Галлер родился в Берне (Швейцария). Будучи одаренным мальчиком, в возрасте 10 лет он сочинял стихи на латыни, а в 14 лет написал свой первый научный трактат. Пятнадцати лет он начал изучать медицину в Тюбингене; однако образ жизни студентов и плохая постановка дела не удовлетворили его, и Галлер перешел в Лейден, к знаменитому Буркаву, у которого он и изучал химию и медицину. Вместе с ним в Лейдене учился Линней. Галлер продолжал свое образование в Париже и Лондоне и, наконец, в 1729 г. вернулся в родной Берн. Здесь он открыл врачебную практику, стал городским библиотекарем, а также начал преподавать анатомию. Его слава как анатома и ботаника росла, и вскоре он был приглашен профессором анатомии, хирургии и ботаники в Геттингенский университет, основанный незадолго до этого.

В Геттингене Галлер проработал 17 лет. В этот наиболее активный период своей жизни он заложил ботанический сад, построил анатомический театр, организовал первую физиологическую лабораторию в Германии и за это время он написал 1300 научных сообщений! Галлер был профессором хирургии: однако он ни разу не смог заставить себя оперировать человека, несмотря на то, что великолепно

экспериментировал на животных. Галлер внес исключительный вклад в развитие физиологии и был создателем крупнейшей физиологической школы в Европе.

В возрасте 45 лет он вернулся в Швейцарию, где жил до конца своей жизни. Галлер был признанным поэтом своего времени; его стихи и драмы занимают видное место в немецкой литературе, а его просветительская деятельность в XVIII в., по заключению многих, была превзойдена лишь Вольтером. Заметим, что русский читатель впервые познакомился с сочинениями Галлера в переводе Карамзина. Личность Галлера была привлекательна; тем не менее он нажил много врагов и этим биографы объясняют его преждевременный уход из Геттингена.

В 1747 г. Галлер опубликовал, по существу, первый трактат о физиологии человека — «Элементы физиологии человека», в 8 томах, предисловие к которому мы и приводим.

ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА

Проницательный Веруламий [Бэкон] советовал составлять обзоры наук, говоря, что это на пользу государству. Если отмечать, что́ было сделано в области науки за каждое столетие, сохранив в какой-то таблице ту долю истины, которая в то время стала известной, то это будет весьма способствовать развитию наук. Потомкам легче и пристойнее передвинуть пределы человеческого знания, отправляясь отсюда, как от некоего межевого знака: сразу становится ясно, что нового и кем добавлено к известному уже ранее. Если окажется так легко убедить людей, что сведения, излагаемые ими, уже давно известны, то можно надеяться, что они не будут лениво вертеться внутри того же самого круга, словно собираясь обмести мельничный жернов. Мало, однако, смертных, которые наделены таким упорством или пользуются таким счастливым стечением обстоятельств, что могут сами найти истину. Пока что никто из врачей не знает функций человеческого организма (к великому для человека ущербу), и поэтому будет полезно для медицины соорудить некую кладовую, откуда новички смогут брать элементы этой благороднейшей науки. И именно такую вот работу я и собираюсь написать.

Я приступил к написанию этой книги после того, как провел большую часть своей жизни в исследованиях по физиологии. Я прекрасно знал, какую тяжесть я на себя взваливаю, и буду счастлив, если окажусь в силах ее нести.

Тот, кто пишет о физиологии, обязан рассказать о движениях внутри живого тела, о функциях внутренностей, об изменениях жидкостей, о силах, благодаря которым душа представляет себе предметы, чьи образы получены ею от внешних чувств, о силах, благодаря которым сильны мускулы, которые управляются разумом; о силах, с помощью которых пища превращается в столь разнообразные соли нашего тела и с помощью которых эти со-

ли содействуют сохранению нашего тела и пополнению человеческого рода новыми рождениями. Да, задача огромнейшая, почти превосходящая способности одного человека. И прежде всего: надо знать строение человеческого тела, частей которого почти не перечислить. Тех, кто старался отделить физиологию от анатомии, можно, по-моему, сравнить с математиками, которые собираются вычислить силы и функции некоей машины, но не знают, какие у нее колеса, каков корпус, каковы ее размеры, из какого материала она сделана. Я совершенно не разделяю мнений этих эзоповых архитекторов, возводящих постройки в воздухе: я убежден, что все, что я знаю в физиологии, я узнал с помощью анатомии. В справедливости моих слов легко убедится всякий, кто захочет сравнить сведения о жизни человеческого организма, ныне общеизвестные, с «Физиологией» Фернелия или Каспара Гофмана. Люди эти были талантливы, работали прилежно и знали кое-что по анатомии; знания эти они почерпнули у греков или получили, вскрывая, правда, крайне редко трупы. Им, однако, остались неизвестны и кровообращение, и то, каким образом свет, отражаясь от глаз, позволяет видеть предметы, а также просто путь или мудрое руководство, повинуясь которому сок, полученный из пищи, приходит в кровь. Откровенно говоря, эти выдающиеся люди ничего почти не знали о физиологии.

Анатомия — наука большая и включает много частей: мускулы, кости, внешний вид внутренностей, взаимное соотношение частей; описание артерий и вен (оно появилось, пожалуй, впервые в наше время), нервы (их лабиринт еще не распутан) и, наконец, мелкие частицы (вскрытие их требует тонкого искусства), из которых состоят внутренности, железы и прочие видимые части живого тела.

Этот труд настолько обширен, что тем, кто полностью изучил хоть одну его часть, пусть малую, пусть нетрудную, воздается хвала, как великим мужам. Открытие кровообращения доставило бессмертную славу Гарвею; один-единственный сосудик сохранил имя Вирсунга и Уортона. Пройти по всему и полностью обозреть все области человеческого тела так же трудно и бывает это так же редко, как составить описание всех округов, рек, долин и холмов необозримой области. Коротка жизнь, короче жизнь анатома, которую обрывает смерть, и в которую вмешиваются семейные обстоятельства, а также обязанности гражданские. Можно показать, даже высчитать, что в течение двадцати лет невозможно полностью перебрать все части живого тела, особенно если учитывать разницу, существующую в частях организма, которую надлежит выяснить путем повторных опытов, если ты не желаешь удовольствоваться частицей истины и застыть в том обычном заблуждении, в которое ввергает нас однократное наблюдение над единственным экземпляром. В силу этой ошибки мы принимаем за истину то, что очень редко оказывается истиной; строение совершенно иное может оказаться более частым, а мы ошибочно видим в этом единственном экземпляре осуществление разумного плана природы. Если кто-либо не желает прислушаться к этому признанию наших трудно-

стей, пусть займется описанием нервов; сможет ли он на десятом году занятий упорствовать в своем недоверии к нашей исповеди? Объединенные труды в этой области, столетнее изучение ее во множестве анатомических театров — и почти ничто не известно полностью и как следует; только двенадцать пар нервов, описанные Мекелем, и главные нервы — Зинниани.

Не будем, правда, требовать от анатомии человека полноты сведений по физиологии. Ежедневно убеждаюсь я на опыте, что составить правильное суждение о функциях большинства частей живого тела можно только ознакомившись со строением данной части у человека, у разных четвероногих, у птиц, у рыб, часто даже у насекомых. Возникает, например, вопрос, где образуется желчь: в печени или в желчном пузыре? Вырабатывается ли она вся целиком в печени, или вся целиком в пузыре, или одна часть в этом органе, а другая в названном мною приемнике? Очень трудно было бы решить этот спор, ссылаясь только на человеческий труп; на помощь приходит животное. Прежде всего мы увидим, что у множества крупных животных хорошая желчь образуется только в печени: пузыря у них нет. Затем, нет животного, у которого пузырь есть, а печени нет; и нет пузыря, обособленного от печени: он либо появляется на этом органе, либо сообщается с ним выводным каналом. Мы видим, что желчь для своего образования нуждается в печени и не нуждается в пузыре: следовательно, она вырабатывается не в пузыре, а из печени поступает в пузырь. Другие примеры, столь же убедительные, пожалуй, слишком сложны для данного места; я привожу их повсюду в моем труде, чтобы показать, как полезна сравнительная анатомия.

Итак, следует анатомировать животных. Вскрывать трупы отнюдь недостаточно; необходимо резать живых. В трупе нет движения; всякое движение, следовательно, надо наблюдать на живом существе. Вся физиология только и занимается процессами, происходящими в живом теле, внешними и внутренними. Следовательно, не вскрывая животных живыми, нельзя уловить в общем процессе кровообращения чуть заметное движение крови, понять, как происходит дыхание, как растут тело и кости, шевелятся внутренности, идет химус. Всего один опыт часто опровергает выдумки, на которые ушли целые годы труда. Эта жестокость принесла настоящей физиологии, пожалуй, больше пользы, чем все другие науки, совместная работа которых содействовала укреплению нашей науки.

Еще больше дает вскрытие умерших от болезней. Если какому-то органу обычно приписывают какую-то функцию и ты желаешь проверить, действительно ли такова его обязанность, то всего вернее ты об этом узнаешь, вскрывая тела, в которых этот орган поврежден. Если функция, которую связывают с этим органом, не нарушена, хотя сам орган и поврежден, это значит, что к этой функции он не причастен. Если в организме нарушена какая-то функция, а орган, являющийся предметом исследования, поврежден, то весьма вероятно, что исчезнувшая функция и была функцией этого органа.

Опять-таки имеются мельчайшие части, элементы тела, в которых происходят процессы, составляющие главный предмет изучения физиологии. Глаза наши созданы, чтобы служить житейским нуждам и издали видеть, что́ полезно для нас и что́ губительно. Вооружим их микроскопом, чтобы проникнуть и в эти мельчайшие части. Без этих выпуклых стекол ты никогда не узнаешь ни формы кровяных шариков и их вращения, ни живчиков в мужском семени, ни изумительной красоты человеческого глаза, ни роста кости, ни множества других первичных функций животной жизни.

Оставляю в стороне такие вспомогательные приемы, как инъекции, выпускание жидкости и т. п.— в какой-то мере это тоже вскрытие. Эти искусственные меры многочисленны и трудны, отнимают много времени; они доставили известность своим последователям.

Во всем этом необходим некий дар открывать; его нельзя определить кратко, и природа наделила им немногих. Нужно подходить к работе без предвзятых мыслей, не с намерением увидеть то, что описывал древний автор, но с желанием увидеть то, что создала природа. Следует ту же самую частицу, например какую-нибудь внутренность, прежде всего рассмотреть в ее естественном положении в тканях, ее окружающих. Общей ошибкой прозекторов прошлого века было то, что они пренебрегали таким рассмотрением. Следует разглядеть все части этой внутренности, ее мелкие артерии, вены, нервы, общий вид ее, и терпеливо это описать; тогда только следует извлечь из клеточных оков внутренность цельной и неповрежденной и медленно отделить от всего окружающего, чтобы постепенно предстала она в чистом своем виде. Но следует тебе помнить, что́ ты отбрасывал, пока она этот вид приняла. Необходимо, наконец, эту внутренность, взятую в отдельности, рассмотреть со всех сторон, во всех видах, изнутри и снаружи. Часто полезно бывает разорвать со всех сторон клеточную ткань; тогда, по удалении ее, семенные пузырьки превращаются в единственную, но разветвленную внутренность; тогда вместилище химуса изливается не в ячейки, а в лимфатические каналы, и тогда освобожденный эпидедимус превращается в единственный сосуд. Часто полезно бывает измерить диаметр сосудов, а также неповрежденные частицы, еще сохранившие свои углы.

Вымачивание производит тот же эффект и восстанавливает элементы оболочек. Надувание чрезвычайно увеличивает клеточные ткани и выявляет, в какой части находится ткань, о существовании которой и не подозревали. Всему этому конца нет.

Во всех этих опытах есть закон, пренебрежение которым навлекло наказание и на великих мужей. Ни один опыт, ни одна постановка его не должны быть единичными: истина выясняется только, если повторные испытания приводят неизменно к одному результату. К опытам примешивается много посторонних явлений; так как они посторонние, то при повторении опыта они отходят, и во всей чистоте предстает то, что является неизменно одинаковым, потому что проистекает из самой природы

предмета. И природа, однако, подвержена изменениям, и ее, так сказать, чувство и воля проясняются только при повторениях. Этот закон, который раньше едва ли знали, первый внес в анатомию Моргани.

Химия есть некий орган анатомии. Более известна та, которая разлагает твердые части живого тела на их частицы, но и гниющее вещество, и рошедшие в состав его жидкости требуют известной силы для разложения их на свойственные им соли, масла́, воду. Природу крови, молока, мочи, желчи,— жирную, пресную, щелочную или еще какую — открывает только химия. Нельзя забывать, какое значение в изменениях тела имеет теплота или гниение; не подобает по неразумению считать, что в наших соках были соли, образовавшиеся только под действием тепла.

Так как физиология целиком занята рассказом о движениях одушевленной машины, а всякое движение подчинено своим законам, то понятно, почему в конце прошлого столетия предписания механики, гидростатики и гидравлики были перенесены в физиологию. Применение того полезного, что дают эти науки, соединено, однако, со своеобразными трудностями и, если учесть все хорошее и плохое, что внесено их поклонниками в физиологию, то, пожалуй, найдутся люди, которые скажут, что мы спокойнее обойдемся без этого хорошего, если одновременно избавимся и от плохого. В одушевленной машине есть много такого, что совершенно необъяснимо законами механики: сильные движения, вызванные незначительными причинами; быстрый ход жидкостей, от этих причин почти не замедляющийся, тогда как по упомянутым законам они должны бы остановиться; движения, возникающие вдруг по причинам, совершенно неизвестным; неистовые движения, произведенные хилыми волокнами; уменьшение волокон, несоизмеримое ни с какими расчетами и т. д. Я не считаю, что поэтому следует отвергать законы, управляющие двигательными силами, действующими вне живого организма; я хочу только, чтобы их применяли к нашим одушевленным машинам только при согласовании их с опытом. Это легко понять, хотя бы на таком единственном примере: течение воды в каналах, которые ничего не добавляют от себя к движению этой воды, обусловлено иными причинами, чем движение по каналам одушевленного организма, которые сообщают различную быстроту своим жидкостям, а при возникновении противодействующих сил задерживают их продвижение.

Пусть не пугаются новички, думая, что от них требуют длинных и сложных вычислений; пусть, лучше изучив предмет, они поймут, что от вычислений и анализа требуют решений более легких; от простой геометрии ждут правильных построений, объясняющих природу явлений с помощью треугольников и квадратов. Только это и можно найти в работе Бореллия, полной выдумок врачей-математиков; понятнее изложение Стефана Галя, который, правда, держался больше опыта, чем вычисления. Тем не менее, имеется общий источник, откуда черпали сторонники недавно возникшего направления, о котором я говорил.

Я дал только самый общий очерк обширнейшей науки. Тот, на кого

возлагаются такие обязанности, может заявить, что один человек не может справиться с работой, которую мы требуем от физиолога. Один ученый не в силах охватить анатомию человека во всем ее объеме; вскрыть всех животных, сочетать со вскрытиями занятия химией, взять на себя бесконечные опыты, которые требуются, чтобы объяснить все виды движений у животных.

Не следует отчаиваться. Пусть ни один анатом не вскрыл достаточного количества тел, пусть ни одну минуту досуга нельзя использовать в созерцании природы — есть вспомогательные средства, которые приходят на помощь человеческой немощи, краткости жизни, обстоятельствам, не всегда благоприятным. Мореплаватели привозят в наши северные страны ароматы Индии, роскошные произведения тропических стран, лекарства другого полушария. И чтение книг, хорошие описания, полезные опыты вскрытия умерших и больных, нужные для наших целей, доставят нам — по невысокой цене — то, что мы не могли узнать собственным трудом. Перед нами сокровища всей древности и прежде всего открытия последних 120 лет, больше содействовавшие познанию истины, чем все сделанное за пятнадцать предшествовавших столетий; перед нами обширные отчеты академий о новых опытах не всегда доступных частному человеку; отдельные описания, где на нескольких страницах изложены труды многих лет. Люди, рожденные для исследования, сделали предметом своих изысканий те или иные части организма и, работая в одной только области, упорно и умело, полностью ее изучили. Итак, для тебя есть надежда, что и те области человеческого тела, которые тебе удалось только бегло обозреть, не будут тебе совершенно незнакомы.

Слышу крики тех, кто презирает книги, кто ничего не читает, кроме новинок, кто упоминает «авторов» только затем, чтобы тут же их опровергнуть. Это обычные чувства у людей даровитых и требовательных, которых отпугивает часто от чтения незнание языков, которых широкая возможность заниматься вскрытиями зовет прислушиваться к природе, которых подстрекает исследовательский пыл и жажда наград и академических титулов.

Они правы, желая убедить тех, кто считает, что, читая человеческие писания, мы сами впадаем в заблуждения и вводим в заблуждение и других: истинна одна природа. Они правы, ежедневно втолковывая, что больше ясного, больше верного узнаешь, наблюдая предметы, чем читая верное описание этих предметов. Они правы, повторяя, что чтение книг ничего не добавило к тому, что знают люди, что это сокровища, которые не увеличиваются от перечитывания; что только природа никогда не отказывается нас учить, что это неисчерпаемый родник, из которого черпали истину в первые века и будут черпать потомки, причем он неиссякаем. Только природа всегда нова, только она правдива, ее никогда достаточно не изучишь, но никогда не изучаешь напрасно.

Слишком уж требовательны люди, которые поэтому на захотят, чтобы

мы двигались вперед путем чтения. Может быть тут замешалась и та причина, что сами они не слишком продвинуты ни в анатомии, ни в физиологии. Пример у меня перед глазами: человек делает опыты, иногда повторяет их, а дарованиями выделяется даже среди людей, выдающихся по своим дарованиям. Он ничего не читает, не видит возможности противоречивых объяснений, не замечает, сколько затруднений возникает при той гипотезе, которую он доверчиво предлагает.

Чтение делает то же, что и путешествия. Наблюдая разные обычаи и разные религии, слушая другие суждения о людских делах и обстоятельствах, мы выходим из того узкого круга, в который заключило нас наше воспитание и уважение к своим наставникам; наше согласие теперь подскажет не авторитет, а разум. И в книгах скрыто и рассеяно множество семян истины; никакое рвение не соберет их с собственного участка. Может ли один человек, при самом большом долголетии, произвести сколько вскрытий умерших больных? Кто может описать внутренности стольких животных, редких и чужеземных? У кого хватит уменья составить такие описания животных, обитающих в областях трудно доступных, чтобы их можно было сравнить с теми, которые оставили наши счастливые почитатели природы, чьи имена всегда на устах? Хочешь ли ничего не знать об опытах Сваммердама, превосходящих по своей тонкости человеческое терпение? Надеешься ли резать насекомых так, как Сваммердам; нервы, как Мекель и мускулы, как Альбин?

Я понимаю, что чтение требует труда; книг множество, почти бесчисленное, написаны они на разных языках, есть в них много бесполезного, много повторяющегося в большинстве трудов; не всегда автор старателен и заслуживает такого доверия, чтобы основываясь на нем, строить твердые заключения. Тебе нужны упорный труд, длительное и трудное размышление, чтобы отделить истину от ошибок, которыми так часто наполнены книги наилучших писателей — тут виноваты и предвзятое мнение, и авторитет школы, и любовь к приукрашенным гипотезам. Однако чтение — это труд, не превосходящий человеческих сил; доступна нам и надежда найти истину; собственные опыты эту надежду укрепят. И ты увидишь, что заслуживает доверия тот автор, с которым часто согласна природа.

Я рассказывал до сих пор, какой, в моем представлении, должна быть книга, к написанию которой я приступаю. Можно, если не ошибаюсь, больше положиться на человека, который, зная свои обязанности, не считает, в глупой самоуверенности, легкой ношу, тяжесть которой ощутит еще больше на своих плечах, и откровенно взвешивает трудности своего дела. Я не считаю себя вполне способным для этого труда и потому расскажу, что я сделал, дабы не казаться вполне для него непригодным.

С 1729 г. я начал для комментария к «Физиологии» Буркава читать всяческие книги и отовсюду собирать то, что казалось мне пригодным для этого комментария. Часто в работах из совершенно других областей, в путешествиях, в исторических сочинениях я находил то, что мог вполне

уместно повторить в соответственном месте. Часто также я делал опыты, вскрывал тела людей и животных, не пренебрегая для своих целей работой и в государственном анатомическом театре.

В 1736 г. меня пригласили в Геттинген в Академию; я провел там семнадцать лет и никуда бы оттуда не уехал, если бы не страх, что по своему слабому здоровью я через несколько лет стану бесполезен для государства и умру преждевременно. Я много успел в Геттингене, занимаясь чтением и производя вскрытия. Я вскрыл около 350 человеческих трупов, а живых животных, не преувеличивая, больше, чем можно съесть. Все увиденное я честно записывал. Комментируя с чрезвычайным усердием, хотя и несовершенно, лекции Буркава, я, конечно, вынес из этого труда пользу, узнав, над какими частями анатомии и над какими опытами следует поработать. Я разносил свои сомнения по таблицам и пользовался ближайшими случаями для того, чтобы получить от природы ответ на поставленные вопросы.

Когда с 1746 г. Академия окрепла и многочисленная разноплеменная молодежь стала стекаться в Геттинген, я удачно воспользовался этим обстоятельством. Всякий раз, когда врачи, ищущие ученой степени, приступали к написанию диссертации, я легко убеждал их взяться за какую-либо трудную часть анатомии; две зимы уходило на их работу. Совет этот приносил и кандидатам славу, и мне давал дополнительный материал к моим собственным вскрытиям. Нет иного способа достичь скорейшего усовершенствования анатомической науки, как неуклонное осуществление на практике в течение ряда лет и в течение столетий этого совета: Академия богата возможностями, а к этому,—в Геттингене, по крайней мере,— присоединяются пыл исследования, соревнование и публичные награды.

Вернувшись в Берн, я восстановил на родине свое здоровье, но возможности вскрывать трупы был лишен и обратился к опытам, которые только и оказались мне доступны. На живых животных я наблюдал биение сердца и дыхание; но за период от 1754 до 1757 г. занимался преимущественно опытами, изучал путь, которым проходит кровь по различным сосудам холоднокровных животных, а также движения куриного зародыша и образование костей у птенцов. Оставшееся время я отводил на повторные опыты, относящиеся к рождению и начальному периоду жизни животного. Пока читатель занят чтением этого предисловия, появятся четыре тома этих опытов [1], подтверждающие мои мысли.

Я рассказал о своих достижениях, но я вполне убежден, что их мало. Я знаю, что есть разные части человеческого тела, которыми я занимался недостаточно обстоятельно, недостаточно внимательно; есть такие,

---

[1] О чувствительности и раздражимости органов. Лозанна, 1756.
О движении соков и рассечении вен. Лозанна, 1756.
Развитие сердца, образование яйца и возникновение дыхания. Лозанна, 1757.

узнать которые можно только при постановке трудных опытов, для меня невозможных. Не мог я произвести и опытов, требующих определенных инструментов, приобрести которые мне было не по средствам: это опыты по изучению света и цветов. Мне невозможно было достаточно часто и достаточно прилежно изучать строение животных, хотя и в этой беде я, насколько возможно, ежедневно себе помогаю. Найдутся люди, которые пожелают от ученика Иоганна Бернулли большей опытности в анализах скрытых явлений. Поэтому при недостатке собственных средств пришлось брать взаймы. Если что-либо в некоторых частях человеческого тела не было мною достаточно изучено, то я заимствовал сведения об этом из Альбина, Рийшия и из других заслуживающих доверия источников. Я достаточно осведомлен в этих вопросах, чтобы на меня действовать только авторитетом. Опыты по физике я заимствовал у Теофила Дезагулье, Смита и Мушенбрука. Там, где я оказывался бессилен, я оставлял пробелы, честно признаваясь в своей беспомощности.

Рассказав о своих занятиях и о цели своего труда, я расскажу еще о том, как я пользуюсь своим материалом. Описания — они сделаны с натуры — я брал из личных заметок и сводил, как мог, воедино множество своих наблюдений, если их отыскивалось множество — а так оказывалось почти всегда. Иногда я добавлял то, что помимо меня увидели другие: цитировал многих авторов, главным образом, чтобы каждому воздать честь. Мне казалось гнусностью, недостойной хорошего человека, умолчав имя открывателя, приписать себе то, что собственным трудом нашли мои предшественники. Чаще всего я упоминал только авторов, со мною согласных, но иногда и тех, кто придерживался мнений противоположных: я не люблю заниматься опровержениями и стремлюсь избегать ссор. Но я не хотел бы, чтобы источником моих описаний сочли сочинения тех авторов, которых я называю; я сам упоминаю всякий раз, когда они были для меня исходными.

Иногда я охотно пускался в исторические изыскания об ученых, открывших то или иное. Я хотел этими легкими спорами развлечь читателя, утомленного мелкими подробностями.

Описывая части живого тела я был, пожалуй, более краток, чем это в обычае у некоторых новейших ученых. Длительное перечисление всяких мелочей неизбежно влечет за собой скуку и не приносит почти никакой пользы. Другие считают, что я был слишком пространен. Кто определит истинную меру?

Я описал человеческое тело (столько лет потратил я на его вскрытия!) так, чтобы строение его можно было рассматривать не однозначно, а с различных сторон, и притом с таким обилием опытов, чтобы можно было установить, что́ является постоянным, что́ частым, что́ редким. Я присовокупил объяснения, привел аналогии с крупными животными и иногда пользовался ими, говоря о строении частей более мелких. Человека я описываю или животное? Я все больше и больше убеждаюсь, что элементы тела, все, что есть в нем более тонкого, одинаково по

своему строению у разных четвероногих; большие и более плотные части меняются в зависимости от целей, которые каждой породе предписал Создатель.

Я прекрасно понимаю, что при изложении чужих опытов и полезных отрывков в мой труд могли перейти страницы с ошибками (реже вообще ошибочные доказательства того или иного): вина здесь и в обилии материала, и в недостатке времени, и в досадных помехах. В этой вине, неизбежной для человека, я признаюсь, надеясь на снисходительность читателя и незначительность промахов. Всякий раз, встречаясь с важными доказательствами, на которые опиралось какое-либо положение, терявшее смысл, если бы они были опровергнуты, я, поправляя, сверялся с самими книгами, ища подтверждения. В эти «Элементы» я внес краткие описания болезней и опытов, хотя знаю, что в рассказах более длинных есть приятное разнообразие; но я боялся, что труд мой неизмеримо разрастется, а жизнь моя не продолжится.

Я старался хвалить заслуживающих похвалу и никого не обидеть. Преследуя только истину, я никогда по доброй воле, но часто, конечно, по немощи, общей человеческому роду, и моей собственной — впадал в ошибки. Ни одной приукрашенной гипотезы я не принял. Чрезвычайно старался излагать свои мысли просто, но, пожалуй, пространнее, чем в других моих сочинениях.

Дважды собственноручно, с промежутком в несколько лет, переписал я эти «Элементы» и передал их опять в печать в более чистом и исправленном виде. Возможно, однако, что из-за удаленности типографии в них вкрадутся опечатки, и я уже вижу, что они вкрались; но эта беда неизбежна, если печатанье происходит в одном городе, а автор живет в другом.

Не зная усталости, налягу я на большой труд, если позволит здоровье, досуг и обязанности гражданской жизни. За первым томом вскоре последует второй, уже законченный, но требующий еще вторичного просмотра. Восьмым томом закончится весь труд. Материал в этих томах расположен так, что в каждом из них целиком изложен какой-либо главный отдел физиологии; таким образом, если жизни моей не хватит, чтобы закончить весь этот труд, то или полное описание крови и соков, или дыхания и голоса, мозга, мускулов и органов чувств, затем органов пищеварительных и половых будут даны в последующих томах.

Берн, 28 апреля 1757 г.



МЮЛЛЕР

(1801—1858)

Иоганн Петер Мюллер, сын сапожника, родился в Кобленце (Германия). Там же он окончил школу; затем поступил в Боннский университет, который окончил в 1822 г. Полтора года Мюллер провел в Берлинском университете на кафедре Рудольфи, готовясь к государственному экзамену на звание врача. Возвратившись после получения диплома в Бонн, он стал преподавателем, а вскоре профессором университета. Через три года, после смерти Рудольфи, Мюллеру предложили занять его кафедру сравнительной анатомии в Берлине; эту кафедру Мюллер занимал до конца жизни.

Научные интересы Мюллера были исключительно широки; ему принадлежат существенные исследования и открытия в области сравнительной и патологической анатомии, эмбриологии, гистологии и физиологии. Он широко применял микроскопию в патологии; его следует считать создателем сравнительной физиологии.

Большой интерес представляют его наблюдения над рефлекторным механизмом. Мюллер был главой обширной школы; его учениками считали себя Шванн, Вирхов, Гельмгольц, Геккель, известный биофизик Дюбуа-Реймон и многие другие. «Кто раз пришел в соприкосновение с человеком первоклассным, у того духовный масштаб

изменен навсегда, тот пережил самое интересное, что может дать жизнь»,— писал о своем учителе Гельмгольц.

Мюллер был, быть может, наиболее крупным (и из крупных — последним) натуралистом, допускавшим представления витализма при объяснении функций живого. Проблема соотношения живого и неживого исключительно четко сформулирована в кратком введении к его четырехтомному «Руководству по физиологии человека» (1844), которое мы и приводим.

РУКОВОДСТВО ПО ФИЗИОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА

Введение

Физиология — это наука о свойствах и явлениях органических тел, животных и растений и о законах, которые управляют их развитием. Первый вопрос, на который следует ответить при вступлении в эту науку, состоит в отличии органических и неорганических тел. Являются ли тела, в которых проявляется явление жизни, отличными в своей материальной организации от неорганических тел, чьи свойства изучаются физикой и химией? Иными словами, явления, относящиеся к двум царствам природы, столь различны, что основные силы, которые в них действуют, также различны, или же они являются лишь видоизменениями физических и химических сил.



ШВАНН

(1810—1882)

Теодор Шванн родился в городке Нейс, близ Дюссельдорфа. Рейнская провинция принадлежала тогда Франции. Отец ученого был золотых дел мастером и печатником. Теодор был пятым из 13 детей; учился в прогимназии родного города, затем в Кельне, в школе иезуитов: Шванны были католиками. Теодор Шванн, подобно своему старшему брату, поступил на философский факультет Боннского университета, готовясь стать теологом. Однако под влиянием встреч с Иоганном Мюллером он решил посвятить себя медицине и биологии. Окончив университет, Шванн три семестра работает в клинике в Вюрцбурге. После защиты докторской диссертации о дыхании зародышевого яйца в 1834 г. он переходит к Мюллеру.

На кафедре Мюллера, в мощном коллективе, окружавшем замечательного учителя и ученого, Шванн проработал 5 лет. Этот наиболее активный период его творческой жизни был завершен опубликованием монографии «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений» (1839). Шванну было 28 лет, когда он сформулировал основы клеточной теории.

«Я вижу его перед собой, человека среднего роста, с бритым лицом, имеющим почти детское и неизменно ясное выражение, с гладкими, но зачесанными кверху

темно-русыми волосами, в окаймленном мехом шлафроке, в узкой, несколько мрачной задней комнате второго этажа ресторана (похуже, чем второго разряда) на углу Фридрих- и Моренштрассе, в комнате, которую он не покидал много дней подряд, окруженный немногими книгами, но зато бесчисленными колбами, бутылками, склянками с реактивами и самодельными несложными приборами»,— писал впоследствии в некрологе Шванна его товарищ по Берлину анатом Генле.

В то время Шванн занимался также вопросами биохимии; вместе с Мюллером он открыл основной пищеварительный фермент — пепсин. Он исследовал процесс брожения, занимался проблемой самозарождения жизни — его опыты в более убедительной форме были развиты затем Пастером, когда тот показал невозможность самозарождения микроорганизмов. Наиболее существенные работы Шванна относятся к гистологии: его выводы о сходстве строения и происхождения клеток животных и растений явились обоснованием клеточной теории и гистологии как науки.

В 1839 г. Шванна приглашают сначала профессором в католический Лувенский университет, затем в 1848 г. он получает кафедру анатомии в Льеже. Однако в Бельгии Шванн практически прекращает экспериментальную работу и посвящает себя только преподаванию анатомии и физиологии. За два года до его отставки в 1878 г. торжественно было отмечено 40-летие профессорской деятельности Шванна.

Мы приводим предисловие к «Микроскопическим исследованиям», опустив только пространные цитаты литературного обзора, включенные автором в свой текст.

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ О СООТВЕТСТВИИ В СТРУКТУРЕ И РОСТЕ ЖИВОТНЫХ И РАСТЕНИЙ

Существенное преимущество нашей эпохи заключается в том, что отдельные дисциплины естествознания начинают вступать между собой во все более тесную связь, и именно этим взаимопроникновением и восполнением обусловлена значительная часть успеха, достигнутого естествознанием за последнее время. Но тем более поразительно, что, несмотря на многочисленные усилия выдающихся исследователей, анатомия и физиология животных и растений все еще в значительной мере обособлены друг от друга, и выводы из одной области допускают лишь отдаленное и весьма осторожное применение в другой области. Лишь в самое последнее время обе науки стали вступать в тесную связь между собой. Данный труд ставит целью доказать, исходя из тождества законов развития элементарных частей животных и растений, теснейшую связь обоих царств органической природы.

Основной итог исследования заключается в том, что всем отдельным элементарным частицам всех организмов свойствен один и тот же принцип развития, подобно тому, как все кристаллы, несмотря на различие их форм, образуются по одним и тем же законам. Смысл подобного

сравнения развит мной более подробно в начале третьей части этой книги; здесь же я предполагаю отметить главные исторические моменты в развитии этого представления.

С тех пор как стали применять микроскоп для изучения строения растений, неизбежно должна была броситься в глаза простота структуры растений по сравнению со структурой животных. В то время как растения оказались целиком состоящими из клеток, элементарные части животных были крайне многообразны, и многие из них, казалось, с клетками ничего общего не имеют. Это гармонировало с давно установившимся взглядом, что рост животных, ткани которых снабжены сосудами, существенно отличен от роста растений. Элементарным частям растений, растущим без сосудов, приписывают самостоятельное существование, их рассматривают в некоторой мере как индивидуумы, которые в свою очередь составляют все растение в целом, между тем как для элементарных частей животных подобного не допускают. Таким образом устанавливалась существенная разница в отношении характера роста и основных сил, его обусловливающих.

Между тем вскоре выяснилось, что у животных встречаются ткани, растущие без сосудов. Так, во-первых, обстоит дело при образовании яйца и на ранних стадиях развития зародыша вплоть до образования крови; во-вторых, в некоторых тканях взрослых организмов, например, в эпидермисе. В отношении яйца, где проявляются несомненные признаки действительной жизни, все физиологи единогласно признавали, что в нем имеет место рост, подобный росту растений. Это сходство с растением заключалось в росте частей яйца без участия сосудов; форма и характер развития элементарных частиц были при этом несущественны. Однако, исходя из аналогии с яйцом, не считали возможным говорить о сходстве с растением в росте элементарных частей тех тканей взрослого организма, в которых нет сосудов; наоборот, получил широкое распространение взгляд, согласно которому эти ткани происходят и растут путем секреции с поверхности организованных тканей. В качестве примеров приводили эпителий, хрусталик и т. д. Эта точка зрения сохранилась даже и тогда, когда структура упомянутых тканей была уже точнее изучена. Даже когда было признано, что рост составных частей яйца происходит по типу роста растений, все же не было преодолено постулированное положение о существенных отличиях в росте тканей, содержащих сосуды.

В 1837 г. был сделан очень значительный шаг вперед тем, что был доказан действительный рост элементарных частей эпителия без сосудов...

Кроме того, исследователи уже неоднократно отмечали сходство формы некоторых животных образований с растительными. Так, часто упоминалось о тесно друг к другу прилегающих животных клетках или просто шарах, дающих картину, которая напоминает клеточную ткань растений. Валентин (Nova acta N. c. vol. XVIII, p I, 96), описывая ядро клеток эпидермиса, отметил, что это последнее напоминает nucleus, который

встречается в растительном царстве в клетках эпидермиса, пестика и т. п. Но такие сопоставления ни к чему не привели, потому что в них шла речь лишь об отдельных случаях сходства формы у образований, облик которых может быть весьма разнообразен.

Шлейден исследовал способ развития растительных клеток и дал прекрасное по своей ясности описание этого процесса. Эта прекрасная работа впоследствии была напечатана во 2-й тетради Мюллеровского архива за 1838 г. Он установил, что при образовании растительных клеток, в зернистом веществе вначале появляются резко очерченные зернышки, вокруг которых затем образуются клеточные ядра (цитобласты), представляющие собой нечто вроде зернистого сгустка вокруг этих зернышек. Цитобласты растут некоторое время, потом на них выступает нежный прозрачный пузырек — молодая клетка. Таким образом, молодая клетка вначале сидит на цитобласте, как часовое стекло на часах, затем она растет и принимает большие размеры. Шлейден сообщил мне о результатах своих исследований еще до опубликования их, в октябре 1837 г. Еще до того мною было подмечено сходство в строении хорды (об этом упоминал уже и И. Мюллер) и жаберных хрящей личинок лягушек с растительными клетками. Никаких выводов из этого, однако, сделать не удалось. Но открытия Шлейдена вызвали к жизни дальнейшие исследования в ином направлении.

В исследованиях Генле, Тюрпэна и Дюмортье сходство с растениями изученных животных тканей (эпителия и печени улиток) усматривалось, во-первых, в том, что рост элементарных составных частей этих тканей происходит без участия сосудов, частично свободно в жидкости, или даже они растут заключенными в другой клетке. Во-вторых, эти элементарные частицы, которым свойствен рост без участия сосудов, представляют собой клетки подобно растительным клеткам, снабженные своеобразной стенкой. Когда это было доказано, можно было с полным основанием сопоставить эти клетки с клетками растений подобно тому, как сопоставлены различные формы животных клеток, например, зародышевые пузырьки, кровяные тельца, жировые клетки, объединяемых единым естественноисторическим понятием клетки.

Таким образом, положение вещей в начале моих исследований было следующее. Элементарные части организмов являли великое многообразие формы; многие из них оказались сходны друг с другом, и это позволяло различать на основании большего или меньшего сходства между ними группы волокон, клеток, шаров и т. п., причем в каждом из этих подразделений можно было найти опять-таки различные виды. Подобно тому как клетки вообще отличаются от волокон, следовало признать, что и в отдельных видах клеток, равно как и в отдельных видах волокон, есть различия, только в меньшей степени. Казалось, между этими формами нет ничего общего, за исключением того, что они растут путем прибавления новых молекул к уже имеющимся и что это живые элементарные части. До тех пор, пока эпителиальные клетки рассматри-

вались как секреция организованной материи, не было возможности сопоставить их, хотя бы и в таком смысле, с живыми элементарными частями. В том, как молекулы соединяются в элементарные части, казалось, не было ничего общего. В одном случае молекулы соединялись, образуя один род клеток, в другом — другой, в третьем случае они образовывали волокно и т. д. Для физиологически отличных элементарных частей, казалось, не было общего принципа развития. Подобно тому как приходилось признавать, что развитие клетки и развитие волокна подчинено различным законам, приходилось также признавать, что и отдельные роды клеток и отдельные роды волокон также разнятся между собой, хотя и в меньшей степени. Поэтому клетки, волокна и т. д. являлись лишь естественноисторическим понятием. Из данных о способе развития одного рода клеток нельзя было делать вывода относительно развития другого рода клеток. Впрочем, таких попыток и не было, хотя и были известны существенные моменты процесса развития некоторых видов клеток, например, кровяных клеток и яйца. Вышеупомянутые исследования, хотя и констатировали существенный факт роста без сосудов, ничего не изменяли в положении вещей. Исследования эти не преследовали цели доказать путем сопоставления животных и растительных клеток единство принципа развития физиологически различных элементарных частей, и потому названные ученые и могли ограничиться приведенными исследованиями.

Открытия Шлейдена дали более ясное представление о процессе развития клеток растений. Процесс этот отличается характерными моментами, вполне позволяющими провести сравнение с животными клетками в отношении сходства их процесса развития. Я сравнил в этом смысле клетки хрящей и спинной струны с клетками растений; между ними оказалось полнейшее соответствие. Открытие, легшее в основу моего исследования, заключалось именно в познании принципа, проявлявшегося в том, что две физиологически различные элементарные частицы развиваются одинаковым образом. Из вышеизложенного вытекает, что если в этом смысле утверждать соответствие двух видов клеток, то приходится признать для всех, даже самых различных, элементарных частей один и тот же принцип развития именно потому, что прочие элементарные части и клетка, хотя и в иной степени, но так же разнятся между собой, как различны друг от друга две клетки. Следовательно, и принцип развития этих последних только в том случае может быть одинаков, если он свойствен также и прочим элементарным частям. Именно это утверждение и было высказано мною, лишь только я убедился в такого рода соответствии хрящевых клеток с клетками растений.

Дальше уже было легко приложить установленный принцип и к остальным тканям, так как именно этот принцип позволял предугадать законы их развития. Фактическое наблюдение полностью подтвердило сделанный в отношении других тканей вывод. Что же касается элементарных частей тканей, снабженных сосудами, то этот принцип не дол-

жен был обязательно здесь проявляться. Этим элементарным частям не приписывали самостоятельной жизни; иными словами, предполагалось, что тут действуют иные основные силы роста и, следовательно, тут, не нарушая значения упомянутого принципа, можно было допустить действие совершенно иных законов развития. Однако, как ни мала была вначале вероятность, что и в этом случае принцип этот найдет себе применение, все же наблюдения вскоре показали, что наличие сосудов отнюдь не обусловливает каких-либо особенностей роста; оно вызывает лишь некоторые различия, которые могут быть объяснены как следствие более равномерного распределения питательной жидкости и связанной с этим циркуляцией, облегчающей обмен веществ, и, наконец — большей способности животной субстанции к всасыванию. Так, и путем наблюдения было установлено, что существует общий принцип развития для элементарных частей всех организмов. Правда, уже давно было известно, что все ткани возникают из зернистой массы; но то, что эти зернышки находятся в прямой связи с позднейшими элементарными частями и притом в какой,— было известно лишь для некоторых элементарных частей; к тому же способ развития этих последних представлялся столь различным, что единства в этом не усматривали, да оно и не могло быть усмотрено. Единообразие принципа развития заключается преимущественно в одинаковом возникновении самих зернышек, а возникновение это было известно, поскольку под зернышками или зернистой массой подразумевали то цельные клетки, то клеточные ядра, то зернистые субстанции, образующиеся наподобие химических осадков и не находящиеся ни в какой связи с элементарными частями организмов.

Предварительный обзор полученных результатов, охватывающий уже большую часть тканей, был мною опубликован в начале 1838 г. в Froriep's Not(izen), № 91, 103 и 112. Более обстоятельное изложение потребовало большего времени. Первые два выпуска настоящего труда поступили в августе и в декабре 1838 г. в Парижскую Академию. И. Мюллер и Генле применили уже эту теорию к существеннейшим патологическим процессам, и теперь остается еще только распространить ее на сравнительную анатомию низших животных.

В конце этого труда я сделал попытку дать теорию организмов, и потому я в самом труде совершенно не касался ничего теоретического, чтобы не смешивать фактического с гипотетическим. Предлагаемая теория имеет во всяком случае то преимущество, что по ней можно составить себе определенное представление об органических процессах, ведущее к дальнейшим исследованиям. Подобная теория имеет значение, даже если признать, что она в корне неверна. Она заключает в себе принцип органических явлений здорового и больного организма. Я предполагал рассмотреть теорию в применении к отдельным органическим процессам, но изменившиеся внешние обстоятельства побудили меня завершить мой труд. Быть может впоследствии окажется возможным восполнить пробелы.

Берлин, март 1839 г.



ВИРХОВ

(1821—1902)

Рудольф Людвиг Карл Вирхов родился в Померании. Медицину он изучал в Берлине у физиолога Иоганна Мюллера в Военно-медицинском институте им. Кайзера Вильгельма, где вместе с ним учился Гельмгольц. Диплом университета он получил в 1843 г. Через два года он одним из первых описал белокровие (лейкемию). В 1847 г. Вирхов стал приват-доцентом кафедры патологии и основал журнал «Архив патологической анатомии», который затем редактировал в течение 50 лет.

В дальнейшем интересы Вирхова концентрировались вокруг патологии и социально-экономических вопросов. В 1847—1848 гг. он обследовал случаи тифа в Силезии; его отчет содержал резкую критику действий властей, в результате чего он был уволен со службы. Однако его репутация как ученого была уже установлена, и в 1849 г. он был приглашен в университет в Вюрцбурге профессором первой в Германии кафедры патологической анатомии. Последующие 7 лет были наиболее плодотворными годами его жизни, и именно тогда Вирхов пришел к основным представлениям клеточной теории в патологии. В 1856 г. Вирхов переехал в Берлин, поставив условие, что там будет создан Институт патологической анатомии. В этом институте он затем работал до конца жизни.

Вирхов принимал активное участие не только в научной и научно-организационной, но и в политической жизни Германии. Долгие годы он был членом городского совета Берлина, где с его деятельностью связаны многие реформы в области здравоохранения. Вирхов был членом тайного совета Пруссии и в течение 13 лет — депутатом рейхстага. С 1862 г., когда Бисмарк стал канцлером, Вирхов настойчиво противостоял его политике, будучи одним из вождей партии «свободомыслящих». В последние годы жизни Вирхов перешел на более правые политические позиции; он выступал также против эволюционного учения Дарвина.

Другой областью интересов Вирхова была археология. В Берлине он организовал научное Общество антропологов, археологов и этнографов; при его участии был основан Этнографический музей и Музей народного искусства. Многие годы Вирхова связывала дружба со Шлиманом, открывшим древнюю Трою и проводившим ее раскопки; о Трое Вирхов написал две книги.

В области патологии Вирхов выдвинул основные понятия о воспалительном процессе, ему же принадлежат интересные исследования опухолей. Однако главным его делом было создание учения о клетке как основе жизни. Вирхову принадлежит формула: «Omnis cellula e cellula» — «каждая клетка от клетки». Подробное изложение сущности своих взглядов, оказавших значительное влияние на всю биологию и медицину, Вирхов дал в серии лекций, и мы приводим предисловие к первому изданию его книги «Лекции по целлюлярной патологии», изданной в Берлине в 1858 г.

ЛЕКЦИИ ПО ЦЕЛЛЮЛЯРНОЙ ПАТОЛОГИИ

Предисловие

Лекции, предлагаемые здесь врачебной аудитории, были читаны в начале этого года большому кругу коллег, преимущественно практикующим врачам Берлина, в новом Институте патологии Университета. Их главной целью было представить, основываясь на возможно большем числе микроскопических препаратов, последовательное изложение тех опытов, на которых, по моим представлениям, в настоящее время должно быть основано биологическое учение и теория патологии. В них в особенности должна быть выражена попытка большего, чем это было возможно раньше, упорядочения воззрений на клеточное строение всех процессов жизни — физических и патологических, животного и растительного мира с тем, чтобы их противопоставить односторонним гуморальным и неврологическим представлениям, возникшим еще в древних мифах и перешедшим в новейшее время. Следует довести до всеобщего сознания единство жизни во всем органическом мире и в то же время противопоставить тончайшую механику и химию клетки столь же одностороннему пониманию вульгарного механического и химического направления.

При все большем развитии отдельных отраслей знания значительной части практикующих врачей становится все труднее и труднее достичь той степени самостоятельности в воззрениях, которая одна только и дает известную твердость в суждениях. С каждым днем уменьшается возможность не только самому проверить, но и понимать новейшие работы, в особенности тому, кто должен тратить свои личные силы на практическую деятельность.

Изменяется сам язык медицины. Известные нам процессы, которые в соответствующей системе понятий занимают определенное место, с развитием и распадом системы изменяются и смещаются. В то время как определенные функции переносятся от крови, нервов или сосудов на ткани, их пассивная роль признается активной, выделение воспринимается как рост, в нашем языке мы вынуждены выбирать другие выражения для определения этих процессов и продуктов. Чем полнее мы понимаем детальные изменения в сфере процессов жизни, тем точнее должны мы определять эти тончайшие основы знаний.

Я поставил себе целью при проведении нужной нам реформы в воззрениях по возможности сохранить в неприкосновенности все переданное нам до меня. Но мой собственный опыт научил меня, что этому есть определенные границы. Слишком большая забота о такой неприкосновенности существующего заключает в себе истинный недостаток, поскольку способствует заблуждениям. Новое, целесообразно выбранное выражение тотчас же делает общедоступным понимание того, что без него потребовало бы долгих объяснений. Я вспоминаю паренхиматозное воспаление, тромбоз, лейкемию и гноекровие, osteoïdes и слизистую ткань, творожистое и амилоидное перерождение, замещение тканей. Новых названий нельзя избежать там, где речь идет о фактическом обогащении опытной науки.

С другой стороны, меня часто уже упрекали в том, что я стараюсь новейшие воззрения свести к старым положениям. Однако по совести я могу заявить, что во мне столь же мало развито стремление воскресить Галена и Парацельса, как и боязнь открыто признать все то, что в их воззрениях и опытах было истинно. Действительно, я считаю, что не только в древности и в средние века понятия врачей не везде были скованы существующими представлениями, но что здравый человеческий смысл сумел сохранить даже в простом народе некоторые истины, несмотря на то что ученые-критики их отвергли. Что бы могло удержать меня от признания, что ученая критика не всегда была самой природой, что ложное истолкование не вредит верности наблюдения? Почему бы мне не следовало удержать и не восстановить удачные выражения, несмотря на то, что с ними соединены ложные представления. Мои наблюдения дают мне повод предпочитать выражение fluxio термину congestio. Я не могу считать воспаление за известную форму проявления патологических процессов, хотя я не признаю его как понятие онтологическое. Несмотря на решительное противодействие многих исследователей,

я принужден считать бугорок за просовидное зерно, эпителиому за гетеропластическое, злокачественное новообразование.

В настоящее время признание исторического права быть может составляет заслугу, потому что в самом деле изумительно, с каким легкомыслием рассуждают о прогрессе все те, которые считают новым открытием всякую найденную ими малость. Я дорожу моим правом и потому признаю права других. Это мое правило в жизни, в политике и в науке. На нас лежит долг к самим себе — защищать наше право, потому что в этом единственный залог нашего индивидуального развития и нашего влияния на общее развитие. Подобная защита не есть дело приторного честолюбия, не уничтожение чисто научного стремления. Если мы хотим служить науке, то мы должны развивать ее не только в собственном своем знании, но и в уважении к другим. Это же уважение большей частью основывается на признании наших трудов другими, поддерживающем наше право. Оно основывается на доверии, с которым в наших исследованиях мы относимся к другим — в этом заключается причина, почему я так дорожу этим моим правом.

В такой непосредственно практической науке, как медицина, во время столь быстрого увеличения опытного материала, как наше, на нас еще в большей степени лежит обязанность сделать наши знания доступными всей массе трудящихся на одном с нами поприще. Мы хотим реформы, не революции. Мы хотим сохранить старое и присоединить к нему новое. Но среди наших современников образ такой деятельности не популярен. Она легко приобретает вид как бы пестрой смеси старого с новым, а необходимость опровергать ложные и претенциозные учения новейших писателей больше, чем древних, производит впечатление деятельности в большей мере революционной, нежели реформационной. Конечно, спокойнее ограничиться исследованием и воспроизведением, предоставляя другим его оценку. Но опыт показал, что это чрезвычайно опасно и, наконец, приносит пользу только тем, чья совесть наименее восприимчива. Вот почему мы принимаем на себя ответственность даже за всякое разногласие между опытом и учением.

Лекции, которые здесь я намеренно обнародую с такими условиями, нашли для себя столь постоянных слушателей, что может быть они должны ожидать и столь же осторожных читателей. Я сам очень живо чувствую, как много они требуют осмотрительности. Всякое свободное чтение может удовлетворять только действительного слушателя. Даже в тех случаях, когда при чтении лекций существенно рассчитывают на то, чтобы они служили объяснением таблиц и препаратов, читателю они по необходимости должны казаться неровными и с пробелами. Намерение представить сжатое обозрение уже более или менее исключает подробные и достаточные ссылки, подкрепленные доказательствами. Личность лектора тем более существенна, что на нем лежит задача явственно высказывать свои воззрения.

Поэтому именно предлагаемое здесь не должно приниматься за нечто бо́льшее, чем оно есть. Кто нашел в себе достаточно рвения для того, чтобы держаться на уровне новейших сочинений, тот найдет для себя мало нового в этом сочинении. Оно не избавит других от труда подробнее изучить специальные гистологические, физиологические и патологические работы по вопросам, о которых здесь говорится весьма кратко. Но читатели приобретут, по крайней мере, общее впечатление от важнейших для клеточной теории открытий, и смогут легко продолжить подробное изучение отдельных вопросов. Быть может, именно такое представление пробудит непосредственный интерес к более подробному и точному изучению, и в этом случае оно принесет уже известную пользу.

Недостаток времени не позволил мне письменно разработать это сочинение. Потому я был вынужден стенографировать лекции, и затем редактировать их, внося небольшие изменения. Кандидат медицины г-н Лангенгаун весьма тщательно занялся стенографической работой. Насколько позволило время, с рисунков были сделаны политипажи и в особенности с препаратов с тем, чтобы текст для тех, кто не проходил упражнений, был понятен. Полноты в этом отношении не достигнуто потому, что приготовление политипажей и без того задержало издание на целые месяцы.

Мисрой,
20 августа 1858 г.



СЕЧЕНОВ

(1829—1905)

Иван Михайлович Сеченов родился в селе Теплый Стан Симбирской губернии в просвещенной дворянской семье. Его отец был отставным офицером; круг его друзей и близких включал семьи Ляпуновых, Боткиных, Крыловых, Филатовых, чьи имена вошли в историю русской культуры. До 14 лет Сеченов обучался дома. Дальнейшее образование он получил в Главном инженерном училище в Петербурге, где тогда учился Ф. М. Достоевский. После недолгой службы в армии в 1850 г. Сеченов поступил в Московский университет.

После окончания медицинского отделения университета в 1856 г. Сеченов несколько лет работает у крупных физиологов Европы: Гельмгольца, Дюбуа-Реймона, Бернара. Там же он пишет свою докторскую диссертацию «Материалы к будущей физиологии алкогольного опьянения», опыты для которой Сеченов ставит на себе!

Атмосфера шестидесятых годов оказала сильное влияние на молодого Сеченова; по-видимому, он сам служил прообразом Кирсанова в романе Чернышевского «Что делать?», так же, как и будущая жена Сеченова была прообразом Веры Павловны. Диссертацию он защищает в Медико-хирургической академии в Петербурге, куда в 1860 г. был приглашен адъюнктом, а затем назначен профессором кафедры физиоло-

гии. Однако через 10 лет Сеченов вынужден был уйти из Академии. Некоторое время Сеченов работал в лаборатории у Д. И. Менделеева. Затем в течение ряда лет он был профессором Новороссийского (в Одессе), Петербургского и, наконец, Московского (с 1891 г.) университетов.

Исключительно одаренный и яркий человек, прогрессивный по своим научным и общественным убеждениям, блестящий лектор, Сеченов был горячо любим среди студентов и едва терпим начальством. Только в 1898 г. Сеченов был избран членом-корреспондентом — иногородним членом Императорской Петербургской Академии наук, а за год до смерти — почетным академиком. В 1901 г. Сеченов вышел в отставку, чтобы, по его выражению, «дать дорогу молодым силам».

Сеченов занимался многими проблемами физиологии и психологии. Им написана одна из первых монографий по физиологии труда: «Очерки рабочих движений» (1892); ряд его открытий и представлений оказал большое влияние на развитие физиологии. Исключительное значение имели работы Сеченова по газовому анализу крови. Однако наибольшее значение, выходящее далеко за пределы своего предмета, имеют его «Рефлексы головного мозга», где впервые проблемы психологии решались с позиций физиологии, с естественнонаучных позиций. Первоначально Сеченовым была написана статья для журнала «Современник», но она была запрещена цензурой. В виде книги «Рефлексы головного мозга» вышли в 1863 г. Однако и книга сразу подверглась судебному преследованию. Когда его друзья спросили, какого адвоката он думает привлечь, то, по словам публициста Анненского, Сеченов ответил: «Зачем мне адвокат? Я возьму с собой в суд лягушку и проделаю перед судьями все мои опыты; пускай тогда прокурор опровергает меня...»

Мы приводим предисловие к первому изданию этой блестяще написанной книги.

РЕФЛЕКСЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Предисловие

Вам, конечно, случалось, любезный читатель, присутствовать при спорах о сущности души и ее зависимости от тела. Спорят обыкновенно или молодой человек со стариком, если оба натуралисты, или юность с юностью, если один занимается больше материей, другой — духом. Во всяком случае, спор выходит истинно жарким лишь тогда, когда бойцы немного дилетанты в спорном вопросе. В этом случае кто-нибудь из них, наверное, мастер обобщать вещи необобщимые (ведь это главный характер дилетанта), и тогда слушающая публика угощается обыкновенно спектаклем вроде летних фейерверков на петербургских островах. Громкие фразы, широкие взгляды, светлые мысли трещат и сыплются, что твои ракеты. У иного из слушателей, молодого, робкого энтузиаста, во время спора не раз пробежит *мороз по коже*; другой слушает, при-

таив дыхание; третий сидит весь в поту. Но вот спектакль кончается. К небу летят страшные столбы огня, лопаются, гаснут... и на душе остается лишь смутное воспоминание о светлых призраках. Такова обыкновенно судьба всех честных споров между дилетантами. Они волнуют на время воображение слушателей, но никого не убеждают. Дело другого рода, если вкус к этой диалектической гимнастике распространяется в обществе. Там боец с некоторым авторитетом легко делается кумиром. Его мнения возводятся в догму, и, смотришь, они уже проскользнули в литературу. Всякий, следящий лет десяток за умственным движением в России, бывал, конечно, свидетелем таких примеров, и всякий заметил, без сомнения, что в делах этого рода наше общество отличается большою подвижностью.

Есть люди, которым последнее свойство нашего общества сильно не нравится. В этих колебаниях общественного мнения они видят обыкновенно хаотическое брожение не установившейся мысли; их пугает неизвестность того, что может дать такое брожение; наконец, по их мнению, общество отвлекается от дела, гоняясь за призраками. Господа эти с своей точки зрения, конечно, правы. Было бы без сомнения лучше, если бы общество, оставаясь всегда скромным, тихим, благопристойным, шло неуклонно к непосредственно достигаемым и полезным целям и не сбивалось бы с прямой дороги. К сожалению, в жизни, как в науке, всякая почти цель достигается окольными путями, и прямая дорога к ней делается ясною для ума лишь тогда, когда цель уже достигнута. Господа эти забывают, кроме того, что бывали случаи, когда из положительно дикого брожения умов выходила со временем истина. Пусть они вспомнят, например, к чему привела человечество средневековая мысль, лежавшая в основе алхимии. Страшно подумать, что сталось бы с этим человечеством, если бы строгим средневековым опекунам общественной мысли удалось пережечь и перетопить, как колдунов, как вредных членов общества, всех этих страстных тружеников над безобразною мыслью, которые бессознательно строили химию и медицину. Да, кому дорога истина вообще, т. е. не только в настоящем, но и в будущем, тот не станет нагло ругаться над мыслью, проникшей в общество, какой бы странной она емт ни казалась.

Имея в виду этих бескорыстных искателей будущих истин, я решаюсь пустить в общество несколько мыслей относительно психической деятельности головного мозга, мыслей, которые еще никогда не были высказаны в физиологической литературе по этому предмету.

Дело вот в чем. Психическая деятельность человека выражается, как известно, внешними признаками, и обыкновенно все люди, и простые и ученые, и натуралисты и люди, занимающиеся духом, судят о первой по последним, т. е. по внешним признакам. А между тем законы внешних проявлений психической деятельности еще крайне мало разработаны, даже физиологами, на которых, как увидим далее, лежит эта обязанность. Об этих-то законах я и хочу вести речь.

Войдемте же, любезный читатель, в тот мир явлений, который родится из деятельности головного мозга. Говорят обыкновенно, что этот мир охватывает собою всю психическую жизнь, и вряд ли есть уже теперь люди, которые с бо́льшими или меньшими оговорками не принимали бы этой мысли за истину. Разница в воззрениях школ на предмет лишь та, что одни, принимая мозг за орган души, отделяют по сущности последнюю от первого; другие же говорят, что душа по своей сущности есть продукт деятельности мозга. Мы не философы и в критику этих различий входить не будем. Для нас, как для физиологов, достаточно и того, что мозг есть орган души, т. е. такой механизм, который, будучи приведен какими ни на есть причинами в движение, дает в окончательном результате тот ряд внешних явлений, которыми характеризуется психическая деятельность. Всякий знает, как громаден мир этих явлений. В нем заключено все то бесконечное разнообразие движений и звуков, на которые способен человек вообще. И всю эту массу фактов нужно обнять, ничего не упустить из виду? Конечно, потому, что без этого условия изучение внешних проявлений психической деятельности было бы пустой тратой времени. Задача кажется на первый взгляд действительно невозможною; а на деле не так, и вот почему.

Все бесконечное разнообразие внешних проявлений мозговой деятельности сводится окончательно к одному лишь явлению — мышечному движению. Смеется ли ребенок при виде игрушки, улыбается ли Гарибальди, когда его гонят за излишнюю любовь к родине, дрожит ли девушка при первой мысли о любви, создает ли Ньютон мировые законы и пишет их на бумаге,— везде окончательным фактом является мышечное движение. Чтобы помочь читателю поскорее помириться с этой мыслью, я ему напомню рамку, созданную умом народов и в которую укладываются все вообще проявления мозговой деятельности; рамка эта — *слово и дело*. Под *делом* народный ум разумеет, без сомнения, всякую внешнюю механическую деятельность человека, которая возможна лишь при посредстве мышц. А под *словом* уже вы, вследствие вашего развития, должны разуметь, любезный читатель, известное сочетание звуков, которые произведены в гортани и полости рта при посредстве опять тех же мышечных движений.

Итак, *все внешние проявления мозговой деятельности действительно могут быть сведены на мышечное движение* [1]. Вопрос чрез это крайне упрощается. В самом деле, миллиарды разнообразных, не имеющих, повидимому, никакой родственной связи, явлений сводятся на деятельность нескольких десятков мышц (не нужно забывать, что большинство последних органов представляет пары, как по устройству, так и по действию; следовательно, достаточно знать действие одной мышцы, чтобы

[1] Единственные относящиеся сюда явления, которые не могли быть объяснены до сих пор мышечным движением, суть те изменения глаза, которые характеризуются словами: блеск, томность и проч.

известна была деятельность ее пары). Кроме того, читателю становится разом понятно, что все без исключения качества внешних проявлений мозговой деятельности, которые мы характеризуем, например, словами: одушевленность, страстность, насмешка, печаль, радость и пр., суть не что иное, как результаты большего или меньшего укорочения какой-нибудь группы мышц — акта, как всем известно, чисто механического. С этим не может не согласиться даже самый заклятый спиритуалист. Да и может ли быть в самом деле иначе, если мы знаем, что рукою музыканта вырываются из бездушного инструмента звуки, полные жизни и страсти, а под рукою скульптора оживает камень? Ведь и у музыканта и у скульптора рука, творящая жизнь, способна делать лишь чисто механические движения, которые, строго говоря, могут быть даже подвергнуты математическому анализу и выражены формулой. Как же могли бы они при этих условиях вкладывать в звуки и образы выражение страсти, если бы это выражение не было актом чисто механическим? Чувствуете ли вы после этого, любезный читатель, что должно прийти, наконец, время, когда люди будут в состоянии так же легко анализировать внешние проявления деятельности мозга, как анализирует теперь физик музыкальный аккорд или явления, представляемые свободно падающим телом?

Но до этих счастливых времен еще далеко, и вместо того, чтобы гадать о них, обратимся к нашему существенному вопросу и посмотрим, каким образом развиваются внешние проявления деятельности головного мозга, поскольку они служат выражением психической деятельности.

Теперь, когда читатель, вероятно, согласился со мной, что деятельность эта выражается извне всегда мышечным движением, задача наша будет состоять в определении путей, которыми развиваются из головного мозга мышечные движения вообще [1].

Приступим же прямо к делу. Современная наука делит по происхождению все мышечные движения на две группы — *невольные* и *произвольные*. Стало быть, и нам следует разобрать образ происхождения тех и других, Начнем же с первых, как с простейших; притом, для большей ясности читателю, разберем дело сначала не на головном мозгу, а на спинном.

[1] Дыхательные и сердечные движения не имеют прямого отношения к нашему делу, а потому на них не обращено внимания.



БЕРНАР

(1813—1878)

Клод Бернар родился в семье виноградаря в деревушке Сен-Жюльен, недалеко от Вильфранша. Бернар учился в колледже в Вильфранше, затем в Лионе. По окончании школы он недолго работал фармацевтом. Вскоре, после неудачных попыток стать литератором, Бернар отправился в Париж, где в 1839 г. окончил медицинский факультет Сорбонны и после двух лет стажировки начинает работать в лаборатории крупного физиолога Мажанди. Докторскую степень Бернар получает за исследования по физиологии пищеварения. Однако по конкурсу на должность профессора Сорбонны Бернар не прошел, и свое материальное положение он поправил, женившись на богатой наследнице. В 1847 г. Бернар становится вторым профессором у Мажанди, с 1854 г.— руководителем кафедры общей физиологии Парижского университета, а с 1868 г.— кафедры сравнительной физиологии в Музее естественной истории. Похоронен Бернар в Пантеоне.

Бернар был обаятельным, исключительно скромным человеком; обладая колоссальной работоспособностью, бо́льшую часть времени он проводил в лаборатории. Его блестящие лекции, систематически издававшиеся, сохранили значение на многие годы.

В исследовательской деятельности Бернара можно выделить два неравных периода. В первом, до 1868 г., он занимается вопросами нормальной и патологической физиологии, в первую очередь физиологией пищеварения и дыхания. Ко второму периоду относятся работы Бернара по общей физиологии. Он обращается также к вопросам методологии естествознания и философии; его работы в значительной мере разрушили представления виталистов о «жизненной силе». Однако, как и его современник Вирхов, Бернар в то же время не принял концепций эволюционного учения.

Мы приводим предисловие к итоговой и, может быть, главной монографии Бернара «Введение к изучению опытной медицины» (1866).

ВВЕДЕНИЕ К ИЗУЧЕНИЮ ОПЫТНОЙ МЕДИЦИНЫ

Предисловие

Сохранять здоровье и излечивать болезни — такова задача, которую поставила перед собой медицина от самого своего начала и научного разрешения которой она ищет и до сих пор. Судя по настоящему состоянию медицинской практики, нужно полагать, что еще долго придется искать этого решения. Между тем на своем многовековом пути медицина, будучи вынуждена постоянно действовать, произвела бесчисленное множество опытов и извлекла из них полезные наставления. Если она и была переворачиваема вверх дном различного рода системами, последовательно исчезавшими по причине своей непрочности, то тем не менее она сделала такие изыскания, приобрела такие понятия и накопила такие драгоценные материалы, которые впоследствии найдут себе место и значение в научной медицине. В наше время, благодаря значительному развитию и мощному содействию физико-химических наук, изучение явлений жизни как в нормальном, так и в патологическом состоянии сделало удивительные успехи, возрастающие с каждым днем.

Итак, для всякого непредубежденного ума ясно, что медицина приближается к своему окончательному научному пути. В силу естественного хода своего развития она мало-помалу оставляет область систем, чтобы все больше и больше принять аналитическую форму и таким образом постепенно прийти к методу исследований, общему для всех опытных наук.

Чтобы обнять свою задачу в целом, опытная медицина должна содержать три главные части: физиологию, патологию и терапию. Познание причин жизненных явлений в нормальном состоянии, т. е. *физиология,* научит нас поддерживать нормальные условия жизни и *сохранять здоровье*. Познание болезней и причин, их вызывающих, т. е. *патология,* приведет нас, с одной стороны, к предупреждению развития

болезненных условий, а с другой — к устранению их следствий посредством врачебных агентов, т. е. к *излечению болезней.*

В течение эмпирического периода медицины, который без сомнения еще долго будет продолжаться, физиология, патология и терапия могли идти отдельно, потому что, будучи одинаково неустановившимися, они не могли подавать друг другу взаимной помощи в медицинской практике. Но, коль скоро мы создаем научную медицину, дело будет иначе; ее основанием должна быть физиология. Так как наука устанавливается только путем сравнения, то познание патологического, или ненормального, состояния не может быть получено без познания нормального состояния, точно так же, как терапевтическое действие на организм ненормальных агентов или врачебных средств не может быть понято научным образом без предварительного изучения физиологического действия нормальных агентов, поддерживающих явления жизни.

Но научная медицина, точно так же как и другие науки, не может быть установлена иначе, как опытным путем, т. е. через непосредственное и строгое приложение рассуждения к фактам, которые доставляет нам опыт. Опытный метод, рассматриваемый сам в себе, есть не что иное, как некоторое *рассуждение*, при помощи которого мы методически подвергаем наши идеи проверке *фактами.*

Рассуждение одно и то же в науках, изучающих живые существа, так и в тех, которые занимаются неживыми телами. Но в каждого рода науке явления бывают различны и представляют особенно им принадлежащую сложность и трудности исследования. Вот почему начала опытного исследования, как мы увидим позднее, несравненно труднее прилагаются к медицине и к явлениям живых тел, чем к физике и к явлениям неживых тел.

Рассуждение будет всегда верно, когда будет производиться на основании строгих понятий и точных фактов; но оно поведет к одним ошибкам в том случае, если понятия или факты, на которые оно опирается, первоначально заключают в себе ошибку или неточность. Вот почему *экспериментирование*, или искусство получать строгие и определенные опыты, составляет практическое основание и некоторого рода исполнительную часть опытного метода, прилагаемого к медицине. Если мы хотим заложить основы биологических наук и с пользой изучать столь сложные явления, происходящие в живых существах как в физиологическом, так и в патологическом состоянии, то прежде всего нужно установить начала экспериментирования и потом приложить их к физиологии, патологии и терапии. Экспериментирование без сомнения в медицине труднее, чем во всякой другой науке; но вследствие этого самого ни в какой другой науке оно не бывает более необходимым и неизбежным. В самом деле, чем сложнее наука, тем нужнее подвергнуть ее хорошей опытной критике, чтобы получить факты, допускающие сравнение и свободные от ошибок. В настоящее время, по нашему мнению, это всего важнее для успехов медицины.

Экспериментатор, чтобы быть достойным этого имени, должен быть одновременно и теоретиком и практиком. Если он должен вполне обладать искусством устанавливать факты, составляющие материал науки, то он должен также ясно отдавать себе отчет в научных началах, управляющих нашими рассуждениями при столь разнообразном опытном изучении явлений природы. Было бы невозможно разделить эти две вещи: голову и руки. Искусная рука без головы, ею управляющей,— слепое орудие; голова без руки, которая бы осуществляла задуманное, остается бессильной.

Начала *опытной медицины* будут изложены в нашем сочинении с трех точек зрения: физиологии, патологии и терапии. Но прежде чем перейти к общим соображениям и специальным описаниям примеров, свойственных каждому из этих отделов, я считаю весьма полезным представить в этом введении некоторые рассуждения, относящиеся к теоретической, или философской, части метода, практическая часть которого и будет в сущности составлять мою книгу.

Идеи, к изложению которых я здесь приступаю, конечно, не заключают в себе ничего нового; экспериментальный метод и экспериментирование с давних времен введены в физико-химические науки, обязанные этому своим блестящим развитием. Не один раз замечательные люди разбирали вопросы о методе в науках; и в наше время г-н Шеврель во всех своих сочинениях излагает весьма важные соображения о философии опытных наук. Поэтому мы не хотим иметь никаких философских притязаний. Единственной нашей целью всегда было — и есть — содействовать, чтобы всем известные начала опытного метода проникли в медицинские науки. Вот почему мы изложим здесь эти принципы, указывая в особенности на те предосторожности, которые следует соблюдать в их приложении по причине совершенно особенной сложности явлений жизни. Мы рассмотрим эти трудности сначала в применении к выводам из экспериментов, а потом к практике экспериментирования.



ПАСТЕР

(1822—1895)

Луи Пастер родился в городе Доле, департамент Юра (Франция). Прадед Пастера был крепостным; за 96 франков он откупился на волю и открыл небольшое кожевенное дело. Кожевником был и отец ученого — солдат наполеоновской армии. В доме отца царил культ великого полководца, и многие биографы видят в этом источник законопослушности и преданности Пастера Луи Бонапарту.

Пастер учился в Абуазском колледже, затем в лицее Безансона. В 1842 г. Пастер поступил в Нормальную школу, которую он окончил в 1847 г.; лекции по физике в то время там читал Био, а по химии — Дюма. В 1850 г. Пастер защитил докторскую диссертацию: «Исследование явлений, относящихся к вращательной поляризации жидкостей». Пастер впервые выделил оптически активные изомеры — вручную под микроскопом он отобрал асимметричные кристаллы винной кислоты; он показал также, что бактерии перерабатывают лишь один из оптических изомеров. Пастеру было 28 лет, когда он сделал это фундаментальное открытие; развитие этих исследований в работах Вант-Гоффа и Ле-Беля привело к возникновению стереохимии.

В 1854 г. Пастер стал профессором химии в Лилле. Местные виноделы обратили его внимание на проблемы болезни вина. Итогом подробных двадцатилетних иссле-

дований Пастера стала его биохимическая теория брожения; он показал, что в этом процессе активную роль играют микроорганизмы. В результате этих исследований был также разработан процесс, названный впоследствии пастеризацией, и открыты анаэробные бактерии, живущие без потребления кислорода воздуха.

В то время исключительную остроту приобрела проблема спонтанного зарождения жизни. Парижская Академия объявила конкурс «...тому, кто своим безупречным опытом докажет или опровергнет самозарождение жизни». Премию получил Пастер, показавший в серии классических экспериментов невозможность самозарождения микроорганизмов. С 1857 г. Пастер — профессор Нормальной школы, с 1867 г. он получил кафедру в Парижском университете.

В 1865 г. Пастер занялся новой проблемой, совершенно ему незнакомой, но имевшей большое практическое значение — болезнями шелковичных червей. Тогда многим казались неоправданными затраты времени и способностей великого ученого на проблемы такого рода. Однако пятилетняя работа в этой совершенно новой области привела к открытию способов борьбы с этой болезнью и явилась началом исследований Пастера в области иммунологии.

В расцвете творческой деятельности у 46-летнего Пастера случилось кровоизлияние в мозг: жизнь его была в опасности. Лишь постепенно он поправился, но левая половина тела осталась парализованной. Пастер прожил еще 27 лет, активно и плодотворно работая; и именно в этот период им были сделаны его замечательные работы по созданию прививок, сначала против куриной холеры, затем сибирской язвы скота и, наконец, против бешенства. Пастер основал институт, который стал крупнейшим мировым центром микробиологии; в нем работали Ру, Мечников и многие другие известные ученые.

Открытия Пастера стали отправными для целого ряда наук — стереохимии, биохимии, иммунологии и, в первую очередь, микробиологии, создателем которой его следует считать, а практические результаты дали колоссальный экономический эффект. Его работы открыли путь борьбы с рядом болезней и с исключительной ясностью продемонстрировали мощь научного подхода к решению конкретных задач, поставленных жизнью.

Мы приводим предисловие к обширному «Исследованию болезни шелковичных червей», опубликованному в двух томах в 1870 г., и предисловие к «Исследованию о пиве, его болезнях, о их причинах...» (1876).

ИССЛЕДОВАНИЕ БОЛЕЗНИ ШЕЛКОВИЧНЫХ ЧЕРВЕЙ

НАДЕЖНЫЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЭТОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ

Certos feret experientia fructus

Мне следовало бы начать эту работу с извинений за то, что я ее предпринял. Я был столь мало подготовлен к исследованиям этого предмета, что, когда в 1865 г. министр сельского хозяйства[2] поручил мне изучение болезней, истребляющих шелковичных червей, мне еще никогда не представлялся случай увидеть это ценное насекомое. Я долго колебался прежде чем принять это предложение. Помимо того, что у меня не имелось надежды успешно закончить эти исследования, я испытывал сожаление, что буду принужден невольно прервать на долгое время интересующие меня работы, непредвиденное развитие которых вызвало у меня горячее желание продолжать их. Это происходило в то время, когда результаты моих исследований об организованных растительных и животных ферментах открывали передо мной широкое поле деятельности. Практическим применением моих исследований явилось то, что я установил истинную теорию образования уксуса и открыл, что причины болезней вин заключаются в присутствии микроскопических грибов. Мои опыты по-новому осветили вопрос о так называемом самопроизвольном зарождении. Если бы я осмелился использовать следующую антитезу, то я бы сказал, что роль бесконечно малых казалась мне бесконечно большой как в качестве причины различных болезней и в особенности заразных болезней, так и благодаря участию их в разложении и в возвращении в воздух всего, что жило.

Однажды, если мне не изменяет память, в начале октября 1868 г., я встретил г-на Дюма по окончании одного из заседаний Академии наук: «Ах,— сказал я ему,— я принес Вам большую жертву в 1865 г.» На этом заседании обсуждались различные вопросы, касающиеся брожений и заражения, и это вновь оживило мои сожаления. Действительно, я начал заниматься исследованиями, о которых прочтут далее, благодаря г-ну Дюма. Почему я дал свое согласие на его просьбу, в которой он выражал свое доверие ко мне, несмотря на недостаточность моих знаний и несмотря на увлечение моими прежними работами? Да только потому, что у меня не хватило смелости отказаться от предложения знаменитого коллеги и всеми почитаемого учителя. В начале моего жизненного пути

---

[1] Только опыт дает истинный ответ. (*Лат.*).
[2] Г-н Бенк.

я находился, как и многие другие, под очарованием его блестящих лекций; с возрастом я научился восхищаться его работами, правильностью его суждений и его принципов относительно всего, что касалось науки; в зрелом возрасте я оценил благотворное влияние его советов и проявления его дружбы.

Побуждения, которые привели г-на Дюма к сознанию необходимости постановки новых исследований по эпизоотии шелковичных червей, заслуживают того, чтобы они стали известны.

В 1865 г. Сенату предложили высказаться относительно пожеланий, записанных в петиции, подписанной 3574 владельцами недвижимого имущества наших шелководческих департаментов. Они требовали, чтобы правительство уделило внимание бедственному положению, вызванному болезнями шелковичных червей, и просили, чтобы были приняты меры, и в особенности для уменьшения «...бремени владельцев путем снижения налогов, предоставления шелководам грены лучшего качества и обеспечения изучения всех вопросов, касающихся этой стойкой эпизоотии как с точки зрения патологии, так и с точки зрения гигиены».

Благодаря большому научному авторитету г-на Дюма, его глубокому знанию шелковой промышленности,— основного источника доходов его родного края,— именно ему была оказана честь быть докладчиком в Сенате по этому важному вопросу.

В то время, когда г-н Дюма писал отчет, который должен был зачитать в этом высоком собрании, он впервые заговорил со мной о бедствии, постигшем юг Франции, и предложил мне смело заняться новыми исследованиями для того, чтобы, если это возможно, найти меры борьбы с ним. «Ваше предложение,— писал я своему знаменитому коллеге,— меня чрезвычайно смущает, оно очень лестно для меня, его цель весьма возвышенна, но какое сильное беспокойство и затруднение оно у меня вызывает! Прошу Вас принять во внимание, что я никогда не держал в руках шелковичного червя. Если бы я обладал хотя бы частью Ваших знаний по этому вопросу, то я бы не колебался. Возможно, что этот предмет находится в рамках моих настоящих исследований. Но воспоминания о ваших благодеяниях оставили бы у меня горькие сожаления, если бы я отказался от Вашего настойчивого приглашения. Располагайте мною по Вашему усмотрению». Г-н Дюма ответил мне 17 мая 1865 г.: «Я придаю чрезвычайно важное значение Вашему участию в разрешении вопроса, который представляет такой интерес для моей бедной страны; нищета превосходит всё, что Вы можете представить себе».

Я покинул Париж 6 июня 1865 г., направляясь в Алэ в департаменте Гард, в котором культура шелковицы играет более значительную роль, чем в каком-либо другом, и где болезнь свирепствовала с ожесточением. Сбор коконов оказался ничтожным, одним из наиболее жалких, которые когда-либо видели, несмотря на применение прекрасной грены, доставленной из Японии. Период выкормки шелковичных червей недавно закончился. Однако мне смогли указать хозяйство, расположен-

ное в одном километре от города, в котором выкормка только заканчивалась. Я поселился рядом с маленькой червоводней и начал изучать возможно полнее, путем беспрерывных наблюдений, природу заболевания. В сентябре 1865 г. я представил отчет Академии наук о моих первых наблюдениях, соблюдая при этом необходимую осторожность, которая обусловливалась моей неопытностью. Мои исследования в последующие годы явились лишь дальнейшим развитием моих первоначальных взглядов. В настоящее время я совершенно уверен, что знаю практические методы, способные надежно предупредить развитие заболевания и предотвратить его возврат в будущем. И вот, несмотря на то, что я посвятил почти пять лет трудным экспериментальным исследованиям и потерял на этом свое здоровье, я тем не менее счастлив, что предпринял их и что поощрения великого человека вдохновили меня на их продолжение. Результаты, полученные мною, может быть, менее блестящи, чем те, которые я мог бы ожидать в случае продолжения моих исследований в области чистой науки. Однако я чувствую удовлетворение при мысли, что принес пользу моей стране, продолжая по мере моих сил изыскания способов предотвращения страшной нищеты. Дело чести ученого считать открытия, которые при их появлении могут вызвать лишь уважение равных ему, выше, чем открытия, вскоре приобретающие благосклонность толпы, благодаря пользе, которую приносит их немедленное применение. Но, равным образом, дело чести ученого, перед лицом несчастья пожертвовать всем ради попытки помочь от него избавиться. Поэтому, может быть, я дал молодым ученым благотворный пример длительных усилий в разрешении трудной и неблагодарной задачи.

ИССЛЕДОВАНИЕ О ПИВЕ,
ЕГО БОЛЕЗНЯХ, ИХ ПРИЧИНАХ, СПОСОБАХ СДЕЛАТЬ ЕГО УСТОЙЧИВЫМ С ПРИЛОЖЕНИЕМ НОВОЙ ТЕОРИИ БРОЖЕНИЯ

«Верить, что явление имеет место потому, что ты этого желаешь, есть величайшее безрассудство». (*Bossuet, De la Connaissance du Dieu et de soi-même, 16*)

ПАМЯТИ МОЕГО ОТЦА СТАРОГО СОЛДАТА ПЕРВОЙ ИМПЕРИИ КАВАЛЕРА ОРДЕНА ПОЧЕТНОГО ЛЕГИОНА

Чем старше я становлюсь, тем лучше я понимаю твою дружбу и превосходство твоего разума.

Усилия, которые я посвятил этим и предшествующим исследованиям, являются плодом твоего примера и твоих советов.

Желая почтить эти благоговейные воспоминания, посвящаю этот труд твоей памяти.

Л. Пастер

Мысль об этих исследованиях была мне внушена нашими несчастиями. Я предпринял их сразу после войны 1870 г. и продолжал беспрерывно с того времени с намерением вести их до тех пор, пока не будут достигнуты прочные успехи в производстве, в котором Германия нас опередила.

Я убежден, что нашел неоспоримое практическое решение трудного вопроса, который я перед собой поставил, а именно: найти способ производства, применимый во все времена года и повсеместно, не требующий, как современные способы производства, применения дорогих охлаждающих средств и установок и, тем не менее, дающий преимущество неопределенно долгого сохранения продукта.

Эти новые изыскания основаны на тех же принципах, которые служили мне путеводной нитью в моих исследованиях о вине, об уксусе и о болезнях шелковичных червей, на принципах, плодотворность и применение которых, на мой взгляд, безграничны. Этиология заразных болезней находится, быть может, накануне дня, когда на нее, благодаря этим принципам, прольется неожиданный свет.

Что произойдет в крупной промышленности при применении способа производства пива, выведенного из моих наблюдений и из ценных новых фактов, на которых он основан? Я не стану предвосхищать, как в будущем разрешатся эти вопросы. Время — лучший ценитель научных

работ, и я знаю, что открытие промышленного значения редко приносит плоды первому изобретателю.

Я начал мои исследования в Клермон-Ферране, в лаборатории и при содействии моего друга Дюкло, профессора химии Факультета наук в этом городе. Я продолжал их в Париже, а под конец на большом пивоваренном заводе, несомненно, первом во Франции, принадлежащем братьям Туртель, в Тантонвилле. Я считаю своим долгом открыто поблагодарить этих культурных промышленников за их исключительную любезность. Я должен также публично выразить свое почтение Куну, искусному пивовару в Шамалиере около Клермон-Феррана, равно как и г-ну Вельтану из Марселя и г-ну Тассиньи из Реймса, которые с похвальной готовностью предоставили в мое распоряжение свои заводы и их продукцию.

Париж. 1 июня 1876 г.



МЕЧНИКОВ

(1845—1916)

Илья Ильич Мечников родился в имении Панасовка, вблизи Харькова. Девятнадцати лет он окончил Харьковский университет, имея уже несколько опубликованных работ. Свое образование он продолжил за границей: работал в Германии у Лейкарта, пока не рассорился с ним, а затем в Италии, где он встретился и подружился с И. М. Сеченовым и А. О. Ковалевским, работавшими на Морской научно-исследовательской станции в Неаполе.

Возвратившись в Россию, Мечников в Петербурге получает степень магистра; его исследования по эмбриологии беспозвоночных, проводившиеся вместе с Ковалевским, были отмечены премией имени Карла Бэра. В 1867 г. Мечников становится доцентом Петербургского университета, а через два года его выбирают профессором Новороссийского университета. В Одессе Мечников напряженно работал двенадцать лет, продолжая исследования в области эмбриологии беспозвоночных. Работы в области экспериментальной морфологии, которую он вместе с Ковалевским по существу создал, сыграли важную роль в установлении эволюционного учения и подготовили Мечникова к его последующим работам в области микробиологии.

Осенью 1882 г. Мечников уехал в Италию, в Мессину и там он сделал, быть мо-

жет, свое основное открытие — открытие фагоцитоза, ставшее затем для него исходным для объяснения механизма борьбы организма с болезнетворными микробами.

В 1884 г. Мечников возвращается в Одессу и возглавляет первую в России бактериологическую станцию. Однако, не получив достаточной поддержки своих работ, Мечников вскоре навсегда покидает Россию. Он переехал в Париж, приняв приглашение Пастера работать в Пастеровском институте. В последний, парижский период своей жизни, Мечников развивает исследования в области микробиологии и иммунологии. В 1892 г. выходят его «Лекции по сравнительной анатомии воспаления», а исследования в области иммунитета были подытожены Мечниковым в его капитальной монографии «Невосприимчивость в инфекционных болезнях».

Беспокойный и неуживчивый характер Мечникова приводил его в молодости к состоянию глубокой депрессии. После смерти первой жены в 1873 г. Мечников покушался на самоубийство. В более зрелые годы его отношение к жизни изменилось, как это видно из его «Этюдов оптимизма». Эволюция философских и методологических взглядов Мечникова была ярко рассказана им в книге «Сорок лет искания рационального мировоззрения» (1913). При жизни работы Мечникова были широко признаны, и в 1908 г. совместно с немецким иммунологом и инфекционистом Эрлихом он получил Нобелевскую премию по биологии и медицине. Под конец жизни Мечников заинтересовался геронтологией. Он умер в Париже в возрасте 71 года.

Ниже следует предисловие и введение к книге Мечникова «Невосприимчивость в инфекционных болезнях».

НЕВОСПРИИМЧИВОСТЬ В ИНФЕКЦИОННЫХ БОЛЕЗНЯХ

Господам Дюкло и Ру

Дорогие друзья!

Позвольте мне посвятить Вам эту книгу. Она представляет свод 25-летней работы. Значительная часть последней была выполнена около Вас, всеми силами облегчавшими мне мою задачу.

Когда, скоро 14 лет тому назад, Вы пригласили меня работать рядом с Вами и нашим высокочтимым учителем, основавшим этот Институт, где мы все соединили свои усилия, Вы далеко не разделяли моих теорий. Они казались Вам слишком виталистическими и недостаточно физико-химическими. Но со временем Вы убедились в том, что идеи мои имели основание, и с тех пор всячески поощряли меня продолжать исследования по начертанному мной пути.

Работая около Вас и широко черпая в Ваших столь разнообразных и обширных знаниях, я чувствовал себя обеспеченным от ошибок, в которые легко было впасть зоологу, зашедшему в область биологической химии и медицины.

Сердечно благодарю Вас за все это и прошу принять посвящение этой книги в знак моей глубокой признательности и искренней дружбы.

Пастеровский институт
3 октября 1901 года.

Предисловие к французскому изданию

Когда 10 лет тому назад я готовил к печати свои «Лекции сравнительной патологии воспаления», то надеялся, что другие части фагоцитарной теории,— а именно «Невосприимчивость», «Атрофии» и «Выздоровление»,— не замедлят появиться после этой первой работы. Предположение мое, однако, не осуществилось. Понадобилась долгая предварительная работа для напечатания только что оконченной книги.

Во время этого длинного периода я выпустил несколько пробных трудов в виде обзоров вопроса невосприимчивости, напечатанных в «Semaine médicale» 1892 г., в «Ergebnisse» Любарша и Остертага (1896) и в руководстве гигиены Вейля (1897). Стараясь, насколько возможно, представить общую картину явлений невосприимчивости при заразных болезнях, я желал вызвать критику и возражения, чтобы выяснить судьбу фагоцитарной теории в приложении к вопросу о невосприимчивости.

Последняя попытка в этом направлении была сделана на Парижском международном конгрессе 1900 г. Я представил отчет о невосприимчивости перед аудиторией, в среде которой были мои главные противники.

Исход этого конгресса и привел меня к окончательному решению изложить в этой книге мои мысли о невосприимчивости.

Будучи убежденным, что многие возражения против фагоцитарной теории невосприимчивости зависят исключительно от недостаточного знакомства с ней, я думал, что изложение, собранное в одном томе, может быть полезным для тех, кто интересуется вопросом о невосприимчивости. Не знаю, удастся ли мне убедить своих противников, но я уверен, что чтение этой книги устранит некоторые недоразумения.

Один из самых авторитетных ученых недавно признался в своей статье, что совершенно не знал в течение нескольких лет об опытах Бордэ и моих относительно невосприимчивости против холерного вибриона. Он теперь считает эти опыты основными для понимания невосприимчивости вообще.

Надеюсь, что таких пробелов больше не будет после появления в свет этой книги.

Если мне и не удастся убедить своих противников в правоте защищаемых мною положений, то я по крайней мере дам им необходимые сведения для того, чтобы возражать мне. Одного этого результата достаточно для оправдания предпринятой мной работы.

Сначала к объяснению невосприимчивости я хотел прибавить теорию явлений излечения заразных болезней. Но вскоре пришлось отказаться от этого плана, так как исполнение его значительно увеличило бы объем этого тома, который и без того принял крупные размеры.

Я счел нужным изложить современное положение вопроса, не особенно заботясь об историческом порядке открытий, и поэтому отложил до специальной главы, в конце этой книги, исторический обзор наших сведений относительно невосприимчивости.

Прежде чем советовать читателю прочесть эту книгу, я должен сказать ему, что я пользовался содействием многих из моих друзей и сотрудников.

Высказываю самую сердечную признательность Ру, Нокару, Массару, Бордэ, которые прочли мою рукопись или целиком, или части ее, касающиеся их специальности. Так, Нокар очень обязал меня поправкой параграфов XV главы, касающихся предохранительных прививок против эпизоотий, а Массар — советами относительно невосприимчивости растений.

Париж, Пастеровский институт,
3 октября 1901 г.

Введение

Значение изучения невосприимчивости с общей точки зрения.— Роль паразитов в заразных болезнях.— Отравление микробными продуктами.— Сопротивление организма против наводнения микробов.— Естественная и искусственная невосприимчивость.— Невосприимчивость к микробам и невосприимчивость к ядам.

Вопрос об иммунитете, или невосприимчивости к болезням, касается не только общей патологии, но также всех отраслей практической медицины, как гигиена, хирургия и т. д.

Предохранение от инфекционных болезней, основанное на создании искусственной невосприимчивости, приобретает все большее и большее значение.

С целью помешать появлению и распространению болезнетворных микробов искусственными мерами стараются вызвать невосприимчивость лиц, подвергающихся заражению: такой искусственный иммунитет очень важен для избежания послеродовой или послеоперационной инфекции.

Невосприимчивость домашних животных представляет также большой интерес для скотоводства, промышленности и законодательства.

Но, помимо этой прикладной стороны, вопрос о невосприимчивости тесно связан с чисто теоретическими задачами. Таким образом, пессимизм, столь сильно развившийся в истекшем столетии, был бесспорно в значительной степени вызван страхом болезней и преждевременной смерти, так как человечество еще не умело успешно бороться с этими бедствиями.

В течение большей части XIX века наука невосприимчивости сводилась к нескольким предохранительным прививкам; несмотря на свой вполне эмпирический характер, они часто оказывались вполне действительными. Таково, например, оспопрививание человека и овцы и прививки против повального воспаления легких рогатого скота.

Пока не была выяснена природа заразных начал (вирусов), нельзя было научным образом исследовать ни их действия, ни иммунитета против них. Только установление организованной их природы дало эту возможность. Открытию ее способствовало выяснение организованной природы ферментов. Оно позволило установить, что причиной большинства заразных болезней служат живые организмы. Это значительно облегчи-

ло изучение восприимчивости и естественного иммунитета к известным инфекциям.

Еще больший шаг вперед был сделан открытием способов предохранения против некоторых заразных болезней посредством ослабленных микробов.

Это открытие позволило приступить к научному изучению приобретенной невосприимчивости.

Поле исследования затем еще расширилось установлением предохранительной способности продуктов культур болезнетворных микробов и особенно крови невосприимчивых животных.

Но, прежде чем углубиться в вопрос иммунитета (или невосприимчивости), каковым он является в результате всех этих открытий, необходимо бросить беглый взгляд на современное положение наших знаний относительно заразных болезней вообще.

Вполне установлено, что значительное число их у человека, как и у животных, обязано своим происхождением мелким паразитическим организмам. Последние принадлежат то к животному царству (чесотка, трихиноз, перемежающаяся и техасская лихорадка, це-це, или сурра и дурина), то к растительному, как плесени (аспергиллоз), гифомицеты (актиномикоз), мадурская болезнь ног (pied de Madura) и гваделупская болезнь (farcin du bœuf) и дрожжи (болезнь дафний, некоторые псевдомиксомы и септицемии, лжеволчанка). Но большинство заразных болезней зависит от развития в организме наипростейших растений из группы бактерий. Эти микробы производят самые опасные и смертоносные заразы, как чахотку, чуму, дифтерит, холеру, сибирскую язву, воспаление легких и бленорагию, гнойные заболевания, рожу, столбняк, сап, проказу и т. д.

Между бактериями встречаются такие мелкие, которые не могут быть обнаружены в отдельности даже самыми сильными увеличениями микроскопа; их можно увидеть только соединенными в массы. Таковы, например, микробы довольно многих болезней (скарлатины, кори, бешенства, сифилиса, ящура и т. д.).

Со временем, вероятно, удастся открыть паразитов не только при вышеупомянутых болезнях типично инфекционного характера, но и при болезнях совершенно другого рода. Так, надо надеяться, несмотря на неудачные попытки, сделанные до сих пор, что с разработкой научных методов удастся обнаружить паразитов злокачественных опухолей.

Точно так же во многих других болезнях, где теперь нельзя проследить никакой связи с микробами, вероятно, со временем удастся установить ее. Таковы атрофии и некоторые болезни питания. В них паразиты могут, не играя прямой или непосредственной роли, тем не менее действовать своими выделениями или изменениями, вызванными в поврежденном организме.

Чтобы отдать себе отчет в этом, стоит бросить беглый взгляд на различные способы действия многочисленных заразных начал.

Общим свойством всех паразитов, вызывающих заразные болезни, служат их маленькие размеры, вследствие которых мы можем видеть их только с помощью более или менее сильных увеличений. Во всех других отношениях они отличаются большим разнообразием. И это не удивительно, так как между ними мы встречаем соединенными, с одной стороны, высокоорганизованных животных (как чесоточный зудень), а с другой,— наипростейшие растения (как гонококк или бацилл инфлуэнцы).

Чесоточный зудень проникает в кожу с помощью механического действия своих челюстей и лапок. Он пробуравливает в ней каналы, вызывая этим столь характерный зуд. Личинка трихины таким же механическим способом внедряется в поперечнополосатые волокна мускульной ткани, причиняя этим серьезные повреждения.

Но в трихинозе человека картина болезни гораздо сложнее, чем при чесотке.

Это дает нам право предположить, что в нем, кроме того, действуют выделения личинки трихины, вызывая лихорадочное состояние и другие общие болезненные явления.

В болезни це-це, вероятно, также преобладает механическое повреждение, вызванное жгутиковыми паразитами (трипанозомы); они закупоривают сосуды нервных центров.

Ту же преимущественно механическую роль играют грибки в трихофитозе и аспергиллозе. Даже некоторые бактериальные инфекции носят тот же характер.

Так, например, несомненно, что в хроническом туберкулезе морских свинок коховский бацилл вызывает до такой степени сильное перерождение нормальных тканей, что к концу болезни остаются одни следы нормальных печени и легких. Животное поэтому умирает вследствие отсутствия этих органов, нормальное отправление которых стало невозможным.

Явление отравления микробными ядами играет второстепенную роль у туберкулезных морских свинок. Однако существуют примеры чахотки (например, милиарный туберкулез человека), где отравление играет гораздо большую роль.

Между человеческими бактериальными болезнями можно привести проказу как пример такой, где отравление отодвинуто на второй план; на первом же стоит механическая замена нормальных тканей специфической грануломой. Только в острых периодах этой болезни наблюдаются явления отравления продуктами лепрозных бацилл.

Но все вышеупомянутые случаи составляют слабое меньшинство и стушевываются сравнительно с количеством болезней, где преобладает токсический элемент. Оказывается, что даже при сибиреязвенных заболеваниях болезненные явления в значительной степени зависят от отравления бактериальными продуктами.

Итак, большинство микробов действует именно в качестве отравителей. Они внедряются в организм и выделяют в нем свои яды, вызывающие разные общие болезненные явления. В этом отношении инфек-

ционные болезни представляют целый ряд замечательных вариаций. Так, многие микробы, производящие септицемию, только сильно размножившись в организме и наводнив кровь, впервые вызывают общее заболевание.

Примером могут служить спириллы человеческого возвратного тифа. Они размножаются в течение нескольких дней и дают несколько поколений, не вызывая ни малейшего нездоровья; но появление их в крови сразу возбуждает сильное лихорадочное состояние и резкие общие болезненные явления.

С другой стороны, существуют микробы, размножающиеся гораздо слабее, но очень ядовитые. Они не в состоянии распространиться в организме и остаются локализованными в месте проникновения. Отсюда они выделяют свои яды, вызывающие большей частью смертельное отравление. Некоторые из этих микробов, как, например, бациллы столбняка и дифтерита, проникают более или менее глубоко в живые ткани пораженного организма.

Другие могут обнаруживать свое ядовитое действие на расстоянии или просто соприкосновением с живыми частями организма.

К этой категории относится азиатская холера. Проникнув в кишки, коховский вибрион выделяет в них свой яд; последний всасывается, по-видимому, неповрежденной слизистой оболочкой и вызывает молниеносное заболевание чисто токсического характера.

Очень вероятно, что отравление ядовитыми продуктами микробов есть преобладающее явление в кишечных болезнях, этиология которых еще неизвестна, как, например, в холере детского возраста.

Микробы не проникают в этих случаях ни в кровь, ни в ткани; они остаются в содержимом кишок и оттуда производят свое губительное ядовитое действие.

Бывают даже случаи, где болезнетворный микроб исчезает из организма; но его яд остается и сам по себе убивает животное.

Так, при септицемии гусей, вызванной спириллами, смерть наступает при полном отсутствии этих последних в организме. Отравители, следовательно, разрушаются прежде, чем их яд подействовал.

В других случаях (как при лошадином тифе) специфический микроб также исчезает до смерти животного, но во время отравления его ядом больной организм наводняется другими, второстепенными микробами, не имеющими ничего общего с тифом лошади в строгом смысле слова.

Разнообразие в действии различных болезнетворных агентов еще усиливается разницей в отношениях между паразитами и пораженным ими организмом. Некоторые микробы вызывают типичное заболевание, в какую бы часть организма они ни проникли, но таковых меньшинство. К ним относится бацилл чахотки. Он неизменно вызывает более или менее серьезные туберкулезные поражения, способные обобщиться, будь местом его внедрения кожа, глаз, дыхательные, пищеварительные или мочеполовые пути.

Наоборот, действие большинства других микробов болезнетворно только тогда, когда они внедряются в определенные части организма. Сибиреязвенная бактерия, проникнув через малейшее повреждение кожи или слизистых оболочек человека и многих млекопитающихся, вызывает серьезное, большей частью смертельное заболевание. Поглощенная же с пищей в своем растительном состоянии, она почти всегда безвредна. Обратное представляет холерный вибрион. Впрыснутый даже в большом количестве под кожу человека, он исчезает, вызывая только незначительную реакцию. Попавший в пищеварительный канал, тот же вибрион развивается и производит столь часто смертельную холеру.

Все эти вариации и особенности, связанные с природой болезнетворных начал, имеют большое значение с точки зрения иммунитета.

Патологи давно уже разбирают вопрос о том, происходят ли болезни от причин, приходящих извне или изнутри.

Ученые, открывшие большую часть болезнетворных микробов, высказывались в пользу первого предположения.

Большинство их думало, что единственная причина заразных болезней заключается в проникновении патогенных микробов извне внутрь организма. Эта теория находилась в полном согласии с многочисленными эпидемиологическими данными. По ним паразиты наиболее серьезных повальных болезней (как азиатская холера, желтая лихорадка, чума и т. д.) должны были быть занесенными в прежде здоровую местность для того, чтобы в ней могла развиться эпидемия.

Точно так же при сибиреязвенных и трихинных заболеваниях паразиты должны быть занесенными извне.

Вот почему при исследовании патогенных микробов всегда следовали тому правилу, что специфический микроб должен находиться во всех случаях данной болезни и всегда отсутствовать в организме здоровом или подверженном другой болезни.

Так, в своем знаменитом исследовании азиатской холеры Кох[1] настаивал на том, что его вибрион встречается исключительно при холере и никогда в здоровом организме. Почти одновременно[2] Леффлер, изучая этиологию дифтерита, нашел один и тот же бацилл не только в большинстве случаев этой болезни, но и в горле здорового ребенка. Основываясь на этом факте, он не решился признать найденный им микроб дифтеритным.

В настоящее время нельзя больше отстаивать исходную точку зрения этих двух замечательных бактериологов. Оказалось, что проникновение патогенного микроба в чувствительный организм вовсе не обязательно вызывает соответствующее заболевание.

Открытие Леффлером дифтеритного бацилла в горле здоровых людей было много раз подтверждено; тем не менее невозможно сомневаться в этиологической роли этого микроба при дифтерите.

---

[1] Berliner Klinische Wochenschrift, 1881, № 31 и последующие.

[2] Mitteilungen aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte, Bd. II, 1884, S. 481.

С другой стороны, также установлено, что коховский вибрион — хотя несомненная причина азиатской холеры, тем не менее встречается иногда и в кишках здорового человека.

Тотчас после своего рождения человек становится средой для очень богатой микробной флоры. Кожа, слизистые оболочки, кишечное содержимое заселяются многочисленными микробами, из которых только немногие еще известны нам. Ротовая полость, желудок, кишки, половые органы также населены разнообразными бактериями и низшими грибами. Очень долгое время предполагали, что здоровый организм заключает только безвредные и иногда даже полезные микробы. Думали, что всегда при развитии какой-нибудь болезни к этой доброкачественной флоре присоединяется специфический болезнетворный микроб. Но ближайшее исследование показало, что между разнообразной бактериальной растительностью здорового организма часто встречаются и представители патогенных микробов.

Помимо ядовитых дифтеритных и холерных бацилл, часто находимых у вполне здоровых людей, постоянно или почти всегда встречаются у них пневмококки, стафилококки, стрептококки и коли-бациллы.

Это открытие, естественно, привело к тому заключению, что кроме микробов должно существовать еще другое условие для развития заразных болезней. Оно заключается в предрасположении организма или в отсутствии невосприимчивости.

Организм, заключающий один из вышеупомянутых патогенных видов, может обнаруживать по отношению к нему постоянную или временную невосприимчивость. Но, как только прекращается причина последней, микроб берет верх и вызывает соответствующее заболевание. Таким образом, стафилококк, который всегда и в изобилии водится на коже и слизистых оболочках, при сахарной болезни вызывает развитие чирьев. Здесь, следовательно, прекращение невосприимчивости здорового организма обязано этой болезни.

Человек, на слизистых оболочках которого водится пневмококк, может очень долго не подвергаться ни крупозному воспалению легких, ни другой болезни, вызываемой этим микробом. Но часто иммунитет этот сменяется большей или меньшей восприимчивостью вследствие какого-нибудь случайного обстоятельства, как, например, простуды.

Я не стану приводить большого числа примеров, доказывающих с полной очевидностью, что болезни, помимо внешних причин,— микробов, обязаны своим происхождением еще и внутренним условиям самого организма. Болезнь наступает, когда эти внутренние причины оказываются бессильными помешать развитию болезнетворных микробов. Когда они, наоборот, успешно борются с микробами, то организм оказывается невосприимчивым.

Болезни вообще, и инфекционные в частности, развились на земном шаре в очень отдаленные времена. Они свойственны далеко не только человеку, высшим животным и растениям, но также очень распростране-

ны и у низших организмов, даже у одноклеточных, инфузорий и водорослей.

Несомненно, что болезни играют значительную роль в истории живых существ, населяющих нашу планету. Очень вероятно даже, что они значительно способствовали исчезновению некоторых животных и растительных видов.

К этому выводу невольно приводят наблюдения над опустошениями, произведенными паразитичными грибами при разведении молодых рыб, или над повальным истреблением речных раков микробами в некоторых странах.

В главе об исчезновении видов Дарвин[1], опираясь на авторитетных наблюдателей, утверждает, что такое огромное животное, как слон, не может достаточно размножаться от зловредного влияния насекомых. И действительно, теперь доказано, что многие насекомые прививают животным патогенные микробы, распространяя таким образом болезни. Одна из самых ужасных эпизоотий в Южной Африке обязана своим происхождением тому, что муха це-це прививает крупным млекопитающимся жгутиковую инфузорию Trypanosoma Brucei. В некоторых странах эта болезнь настолько распространена и истребительна, что делает невозможным разведение домашнего скота. Во время южноафриканской войны войска генерала Робертса потеряли от нее 12 000 лошадей в течение нескольких недель.

Паразиты, следовательно, распространены в громадном количестве и истребляют множество животных и растений.

Однако, несмотря на исчезновение большого числа видов, земля осталась достаточно населенной. Этот факт доказывает, что многие виды в течение веков могли сохраниться собственными силами организма, без медицинского и вообще человеческого содействия.

Каждому приходилось видеть, как собаки облизывают свои раны, смачивая их слюной, переполненной микробами. Раны эти очень быстро заживают без помощи перевязок и антисептических веществ.

Во всех этих примерах сопротивление организма есть следствие очень распространенного в природе явления — иммунитета. Эта невосприимчивость по отношению к микробам представляется очень сложной.

Более глубокое изучение ее стало возможным только с тех пор, как расширились наши знания относительно заразных болезней и были достаточно выработаны методы исследования.

Под невосприимчивостью против заразных болезней следует понимать сопротивление организма против вызывающих их микробов. В этом случае дело идет об органическом свойстве живых существ, а не об иммунитете, представляемом некоторыми странами и местностями. Вот почему в этой книге мы не будем касаться причин невосприимчивости

[1] Дарвин. Происхождение видов, изд. 5-е, гл. 11.

Европы или горных стран к желтой лихорадке, а также причин, по которым большинство европейцев не заболевают возвратной горячкой.

Они не обладают органической невосприимчивостью ни против вируса желтой лихорадки, ни против спириллы Обермейера возвратной горячки. Организм их, напротив, очень склонен к этим болезням. Но условия жизни в большинстве европейских стран мешают проникновению специфических микробов и созданию очагов заразы.

Та же точка зрения должна быть применяема и к животным. Наши мелкие грызуны, употребляемые в лабораториях, как мыши и морские свинки, несравненно более восприимчивы к сибирской язве, привитой под кожу или в любую часть тела, чем крупные домашние животные, как рогатый скот или лошадь. Однако оба эти вида часто подвержены сибиреязвенной эпизоотии, в то время как упомянутые грызуны, весьма вероятно, никогда самостоятельно не заболевают сибирской язвой. Эта кажущаяся невосприимчивость нисколько не зависит от настоящего органического иммунитета, а исключительно от условий существования мышей и морских свинок.

Итак, в этой книге мы займемся только явлениями невосприимчивости живого организма. Но даже включенная в эту рамку задача является еще очень сложной. Для того чтобы упростить насколько возможно изучение ее, следует начать с изложения явлений невосприимчивости наипростейших организмов.

Под невосприимчивостью к заразным болезням надо понимать общую систему явлений, благодаря которым организм может выдержать нападение болезнетворных микробов. В настоящее время невозможно дать более точного определения, так что бесполезно настаивать на этом.

Думали, что следует отличать невосприимчивость в строгом смысле, т. е. прочную сопротивляемость и «выносливость», или вполне мимолетную способность сопротивления против наводнения некоторых заразных микробов. Мы не можем принять этого различия, так как в действительности границы между обеими группами явлений далеко не постоянны.

Невосприимчивость может быть врожденной или приобретенной. Первая всегда естественна, т. е. независима от непосредственного вмешательства человеческого искусства. Приобретенный иммунитет часто также может быть естественным, так как устанавливается вследствие самостоятельного выздоровления после заразных болезней, но в очень значительном числе случаев приобретенная невосприимчивость может быть результатом прямого вмешательства человека при применении предохранительных прививок.

В продолжение долгого времени все явления невосприимчивости к заразным болезням соединяли в одно целое. Позднее признали на основании фактов, изложенных в начале этой книги, что надо строго отличать невосприимчивость к самим микробам и к их ядам; отсюда понятия о противомикробной и о противотоксинной невосприимчивостях.

В этой книге мы всегда должны будем иметь в виду это основное различие.



ПАВЛОВ

(1849—1936)

Иван Петрович Павлов родился в Рязани, в семье священника. Он окончил Рязанское духовное училище и в 1864 г. поступил в духовную семинарию. Однако, увлекшись естественными науками (чему не в малой степени способствовали страстные статьи Д. И. Писарева), Павлов бросил семинарию и в 1870 г. поступил в Петербургский университет. По окончании естественного отделения физико-математического факультета в 1875 г. он поступает на III курс Медико-хирургической академии, впоследствии преобразованной в Военно-медицинскую академию. Блестяще ее окончив, Павлов на два года уезжает за границу.

Еще с 1874 г. он работает у выдающегося физиолога и клинициста С. П. Боткина. В 1883 г. Павлов защитил диссертацию «Центробёжные нервы сердца» на степень доктора медицины. Он становится приват-доцентом, а с 1890 г. профессором Военно-медицинской академии, с которой связана вся его последующая многолетняя педагогическая деятельность. В эти же годы были проведены замечательные по идее и блестящие по экспериментальному искусству исследования Павлова по физиологии пищеварения, подытоженные в его «Лекциях о работе главных пищеварительных желез» (1897). Эти исследования в 1904 г. были отмечены Нобелевской премией по меди-

цине. В 1907 г. он был избран действительным членом Петербургской Академии наук, членом-корреспондентом которой он был с 1901 г.

С 1895 г. Павлов стал заведовать кафедрой физиологии Военно-медицинской академии, которую он занимал тридцать лет. Павлов участвует в создании Института экспериментальной медицины; там он работал до конца жизни. В лабораториях этого института, работая на собаках, Павлов открыл условные рефлексы.

После Октябрьской революции Советское правительство оказало поддержку работам И. П. Павлова. В трудный 1921 год В. И. Ленин подписал постановление Совета Народных Комиссаров «Об условиях, обеспечивающих научную работу академика И. П. Павлова и его сотрудников». В дальнейшем под Ленинградом, в Колтушах (ныне Павлово), была построена новая лаборатория. В 1923 г. И. П. Павлов предпринял заграничную поездку во Францию, Англию и США.

В последний период жизни Павлова больше всего привлекала проблема высшей нервной деятельности человека: проблемы сна, гипноза, неврозов. Его все больше интересовали проблемы наследственности и их связь с физиологией. Павлов умер вскоре после XV Международного конгресса физиологов, который проходил в Москве и председателем которого он был. Исключительно темпераментный и яркий человек, остро и критически мыслящий, Павлов был главой многочисленной школы, для которой наиболее характерно было тесное объединение физиологии и медицины. Исследования Павлова оказали глубокое влияние на развитие физиологии кровообращения, пищеварения и, особенно, высшей нервной деятельности.

Мы приводим предисловие к монографии Павлова «Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности животных, впервые опубликованной в 1923 г.

ДВАДЦАТИЛЕТНИЙ ОПЫТ ОБЪЕКТИВНОГО ИЗУЧЕНИЯ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ПОВЕДЕНИЯ) ЖИВОТНЫХ. УСЛОВНЫЕ РЕФЛЕКСЫ

Предисловие

Двадцать лет с небольшим тому назад я приступил к этому опыту совершенно самостоятельно, перейдя к нему от моих прежних физиологических работ, приступил под влиянием одного сильного лабораторного впечатления. Работая перед этим в продолжение нескольких лет над пищеварительными железами, исследуя тщательно и подробно условия их деятельности, я естественно не мог оставить без внимания и так называемое до тех пор психическое возбуждение слюнных желез, когда у голодных животных и у человека при виде еды, разговоре о ней и даже при мысли о ней начинает течь слюна. И это тем более, что я сам точно установил также и психическое возбуждение желудочных желез. Я стал разрабатывать вопрос об этом возбуждении слюнных желез с моими сотрудниками, д-рами С. Г. Вульфсоном и А. Т. Снар-

ским. В то время как Бульфсон собрал новый, придавший большую важность предмету материал относительно подробностей психического возбуждения слюнных желез, Снарский предпринял анализ внутреннего механизма этого возбуждения, стоя на субъективной точке зрения, т. е. считаясь с воображаемым, по аналогии с нами самими, внутренним миром собак (опыты наши делались на них), с их мыслями, чувствами и желаниями. При этом-то и произошел небывалый в лаборатории случай. Мы резко разошлись друг с другом в толковании этого мира и не могли никакими дальнейшими пробами согласиться на каком-либо общем заключении, вопреки постоянной практике лаборатории, когда новые опыты, предпринятые по обоюдному согласию, обыкновенно решали всякие разногласия и споры.

Д-р Снарский остался при субъективном истолковании явлений, я же, пораженный фантастичностью и научной бесплодностью такого отношения к поставленной задаче, стал искать другого выхода из трудного положения. После настойчивого обдумывания предмета, после нелегкой умственной борьбы я решил, наконец, и перед так называемым психическим возбуждением остаться в роли чистого физиолога, т. е. объективного внешнего наблюдателя и экспериментатора, имеющего дело исключительно с внешними явлениями и их отношениями. К осуществлению этого решения я приступил с новым сотрудником д-ром И. Ф. Толочиновым, что продолжилось затем в двадцатилетнюю работу, при участии многих десятков моих дорогих сотрудников.

Когда я начинал наши исследования с Толочиновым, я знал только о том, что при распространении физиологического исследования (в форме сравнительной физиологии) на весь животный мир, помимо излюбленных до тех пор наших лабораторных объектов (собаки, кошки, кролика и лягушки), волей-неволей пришлось оставить субъективную точку зрения и пробовать ввести объективные приемы исследования и терминологию (учение о тропизмах в животном мире Ж. Леба и проект объективной терминологии Бэра, Бэтэ и Икскюля). В самом деле, трудно же, неестественно было бы думать и говорить о мыслях и желаниях какой-нибудь амебы или инфузории. Но думаю, что в нашем случае, при изучении собаки, ближайшего и вернейшего спутника человека еще с доисторических времен, главным толчком к моему решению, хотя и не сознаваемому тогда, было давнее, еще в юношеские годы испытанное влияние талантливой брошюры Ивана Михайловича Сеченова, отца русской физиологии, под заглавием «Рефлексы головного мозга» (1863). Ведь влияние сильной своей новизной и верностью действительности мысли, особенно в молодые годы, так глубоко, прочно и, нужно прибавить еще, часто так скрытно. В этой брошюре была сделана — и внешне блестяще — поистине для того времени чрезвычайная попытка (конечно теоретическая, в виде физиологической схемы) представить себе наш субъективный мир чисто физиологически.

Иван Михайлович в это время сделал важное физиологическое откры-

тие (о центральном задерживании), которое произвело сильное впечатление в среде европейских физиологов и было первым вкладом русского ума в важную отрасль естествознания, только что перед этим сильно двинутую вперед успехами немцев и французов. Напряжение и радость при открытии, вместе, может быть, с каким-либо другим личным аффектом, и обусловили этот, едва ли преувеличенно сказать, гениальный взмах сеченовской мысли. Интересно, что потом Иван Михайлович более не возвращался к этой теме в ее первоначальной решительной форме.

Только спустя несколько годов после начала наших работ по новому методу я узнал, что в этом же направлении экспериментируют на животных в Америке — и не физиологи, а психологи. Затем я познакомился более полно с американскими работами и должен признать, что честь первого по времени выступления на новый путь должна быть предоставлена Торндайку [1], который на два-три года предупредил наши опыты и книга которого должна быть признана классической как по смелому взгляду на всю предстоящую грандиозную задачу, так и по точности полученных результатов. Со времени Торндайка американская работа о нашем предмете все разрастается, и именно по-американски, во всех смыслах: в отношении участвующих работников (Йоркс, Паркер, Уотсон и др.), средств исследования, лабораторий и печатных органов.

Интересно, что американцы, судя по книге Торндайка, вышли на новый путь исследования иначе, чем я с моими сотрудниками. На основании одной цитаты, приведенной у Торндайка, можно догадываться, что деловой американский ум, обращаясь к практике жизни, нашел, что важнее точно знать внешнее поведение человека, чем гадать об его внутреннем состоянии, со всеми его комбинациями и колебаниями. С этим выводом относительно человека американские психологи и перешли к их лабораторным опытам над животными. Это и до сих пор дает себя знать в характере производимых исследований: методы и решаемые вопросы как бы берутся с примера человека. Я и мои сотрудники держимся несколько иначе. Как началась наша работа со стороны физиологии, так она и продолжается неукоснительно в том же направлении. Как методы и обстановка нашего экспериментирования, так и проектирование частных задач, обработка материала и, наконец, систематизация его — все остается в области фактов, понятий и терминологии физиологии нервной системы. Конечно, этот подход к предмету с разных сторон только расширяет сферу исследуемых явлений. К великому моему сожалению, я совершенно не знаю о том, что было сделано по нашему предмету в Америке за последние пять-шесть лет, так как здесь соответствующей литературы получить до сих пор не мог, а моя прошлогодняя просьба о разрешении поездки в Америку с этой специальной целью не была уважена.

---

[1] E. L. Thorndike. Animal Intellegence: An experimental study of the associative processes in animals, 1898.

В Европе к нашим работам, спустя несколько лет после их начала, примкнули В. М. Бехтерев с его учениками у нас и Калишер в Германии[1]. Первый в своих опытах вместо употребляемых нами прирожденных рефлексов как основ для высшей нервной деятельности, именно пищевого и оборонительного против кислоты, и притом в виде их секреторного компонента, пользовался оборонительным рефлексом против разрушительного (болевого) раздражения кожи, естественно в виде двигательной реакции, а второй применял тот же пищевой рефлекс, что мы, но следил только за двигательной реакцией. Бехтерев новые рефлексы, надстраивающиеся над прирожденными, вместо нашего прилагательного «условные» обозначил словом «сочетательные», а Калишер весь метод назвал «методом дрессировки». В настоящее время, судя по тому, что я в течение пяти недель, проведенных этой весной в Гельсингфорсе, успел заметить при просмотре физиологической литературы, объективное изучение поведения животных начинает привлекать к себе внимание во многих европейских физиологических лабораториях: венской, амстердамских и др.

Скажу о себе еще следующее. В начале нашей работы долгое время давала себя знать власть над нами привычки к психологическому толкованию нашего предмета. Как только объективное исследование наталкивалось на препятствие, несколько останавливалось перед сложностью изучаемых явлений,— невольно поднимались сомнения в правильности избранного образа действия. Но постепенно, вместе с движением работы вперед, они появлялись все реже — и теперь я глубоко, бесповоротно и неискоренимо убежден, что здесь главнейшим образом, на этом пути окончательное торжество человеческого ума над последней и верховной задачей его — познать механизмы и законы человеческой натуры, откуда только и может произойти истинное, полное и прочное человеческое счастье. Пусть ум празднует победу за победой над окружающей природой, пусть он завоевывает для человеческой жизни и деятельности не только всю твердую поверхность земли, но и водные пучины ее, как и окружающее земной шар воздушное пространство, пусть он с легкостью переносит для своих многообразных целей грандиозную энергию с одного пункта земли на другой, пусть он уничтожает пространство для передачи его мысли, слова и т. д., и т. д.,— и однако же тот же человек, с этим же его умом, направляемый какими-то темными силами, действующими в нем самом, причиняет сам себе неисчислимые материальные потери и невыразимые страдания войнами с их ужасами, воспроизводящими межживотные отношения. Только последняя наука, точная наука о самом человеке,— а вернейший подход к ней со стороны всемогущего естествознания,— выведет его из теперешнего мрака и очистит его от теперешнего позора в сфере межлюдских отношений.

Новизна предмета и, надо думать, только что высказанная надежда воодушевляют всех работников в новой области. Работа движется

[1] Претензия того и другого на какой-то приоритет в этом роде исследования для всех, сколько-нибудь знакомых с предметом, конечно, совершенно эфемерна.

широким ходом. За какие-нибудь двадцать пять лет, считая с работы Торндайка, сделано очень много.

Не мало сделали и мои лаборатории. Наши исследования беспрерывно продолжались и продолжаются до сих пор. Их ослабление и замедление пришлось особенно на 1919 и 1920 гг. в силу чрезвычайных внешних затруднений для работы в лабораториях (холод, темнота, голодание экспериментальных животных и т. д.). С 1921 г. положение дела улучшилось и теперь постепенно приближается к норме, исключая недостаток в инструментарии и литературе. Наш фактический материал успешно накопляется. Рамки исследования постепенно расширяются, и мало-помалу перед нами вырисовывается общая система явлений данной области — физиологии больших полушарий как органа высшей нервной деятельности. Вот в основных чертах теперешнее положение нашей работы. Мы знакомимся все более и более с теми основами поведения, с которыми животное родится,— с прирожденными рефлексами, обычно до сих пор так называемыми инстинктами. Мы следим затем и сами сознательно постоянно чувствуем в происходящей дальнейшей надстройке на этом неровном фундаменте в виде так называемых привычек и ассоциаций (по нашему анализу — тоже рефлексов, условных рефлексов), все расширяющихся, усложняющихся и утончающихся. Мы мало-помалу разбираемся во внутреннем механизме этих последних рефлексов, знакомясь все полнее с общими свойствами нервной массы, на которой они разыгрываются, и со строгими правилами, по которым они происходят. Перед нами проходят разнообразные индивидуальные типы нервных систем, в высшей степени характерные, выпуклые, подчеркивающие отдельные стороны нервной деятельности, из совокупности которых и образуется вся сложность поведения животного. И более того. Этот опытный и наблюдательный материал, собираемый на животных, иногда становится уже таким, что может быть серьезно использован для понимания в нас происходящих и еще для нас пока темных явлений нашего внутреннего мира.

Так стоит дело по моему крайнему разумению. И если я до сих пор не даю систематического изложения всей нашей коллективной с моими сотрудниками работы за двадцать лет, то это по следующим причинам. Область совершенно новая, а работа в ней непрерывно продолжающаяся. Как остановиться на каком-нибудь всеобнимающем представлении, на какой-нибудь систематизации материала, когда каждый день новые опыты и наблюдения прибавляют что-нибудь существенное!

Пять лет тому назад, прикованный на несколько месяцев к постели (вследствие серьезного полома ноги), я приготовил общее изложение нашей работы. Но как раз тогда произошла наша революция. Она естественно заполнила внимание, да и по моей всегдашней привычке дать написанному труду несколько вылежаться, быть забытым, чтобы при новом прочтении легче выступили его недостатки, это изложение не было скоро напечатано. А через полгода-год, при непрерывно продолжаю-

щейся лабораторной работе, оно начало стареть, а теперь уже и совсем не годится для печати, нуждаясь почти в полной переработке. А такую переработку выполнить скоро и вполне удовлетворительно при тяжелых впечатлениях, под которыми сейчас приходится жить в России, для меня по крайней мере, является очень и очень трудным, почти неосуществимым. И я не знаю точно сам, когда же я, наконец, исполню лежащий на мне важный долг — в нарочитом, окончательном, систематизированном виде передать весь накопленный за такой большой срок научный материал. А изучить его по всем печатным трудам моих сотрудников по многим причинам представляет чрезвычайный труд, возможный и доступный только для весьма немногих.

Вот почему я уступил многократно повторяемым просьбам и желаниям разных лиц и в особенности моих ближайших по лаборатории сотрудников и решаюсь теперь издать отдельной книгой все то, что я за эти двадцать лет излагал по нашему предмету в статьях, докладах, лекциях и речах в России и за границей. Пока пусть этот сборник — хотя плохо — заменит желающим осведомиться относительно нашего предмета или собирающимся приступить к работе в новой области мое будущее систематическое изложение. Я, конечно, ясно вижу недостатки этого сборника. Главнейший из них — это масса повторений. Повторения в моих изложениях произошли по понятной причине. Предмет был настолько нов, только мало-помалу формирующийся в голове физиолога, что всякая вариация, хотя бы и незначительная, в вырабатывающихся и сменяющихся представлениях, а стало быть и в изложениях, являлась естественной потребностью, чтобы ближе подойти, удобнее обнять, вообще освоиться, основаться в новой области. А теперь выбирать, сокращать, связывать и т. д. было бы для меня и немалым и бесплодным трудом. Может быть, эти повторения и легкие переиначивания окажутся небезвыгодными и для читателя, тем более, что все отдельные сообщения расположены в хронологическом порядке, так что перед читателем проходит вся подлинная история нашей работы. Он увидит, как мало-помалу расширялся и исправлялся наш фактический материал, как постепенно складывались наши представления о разных сторонах предмета и как, наконец, перед нами все более и более слагалась общая картина высшей нервной деятельности. Я тем не менее рекомендовал бы нефизиологам или вообще небиологам, а может быть, и всем читателям, которые удостоят мою книгу своим вниманием, сперва в указываемом хронологическом порядке прочитать мои речи — мадридскую, стокгольмскую, лондонскую, три московских, и два доклада — гронингенский и гельсингфорский, и лишь потом перейти к остальным статьям и докладам, касающимся частных сторон предмета. Таким образом для читателя стали бы сначала ясными общая тенденция работы и ее общая основа, а частности потом удобнее и легче расположились бы на этой основе.

Для желающих познакомиться с подлинными работами моих сотрудников в конце книги прилагаю их список.

Ноябрь 1922 г.



ШЕРРИНГТОН

(1857—1952)

Чарлз Скотт Шеррингтон родился в Лондоне. Он начал свое образование на гуманитарном факультете в Кембриджском университете; но вскоре его увлекла физиология. Получив диплом врача, он продолжил образование во Франции и Германии, где работал у Коха и Вирхова. Вернувшись в Англию, Шеррингтон стал преподавать физиологию и вскоре возглавил ветеринарный институт Лондонского университета. В 1895 г. он стал профессором физиологии в Ливерпуле, где работал до 1913 г., когда принял кафедру физиологии в Оксфорде. Эту кафедру Шеррингтон занимал до своей отставки в 1936 г. Умер он в возрасте 95 лет.

В центре научных интересов Шеррингтона лежала физиология нервной системы; но его также привлекали вопросы патологии. Молодым врачом он работал в комиссии по борьбе с холерой в Италии и Испании; в Англии он первый успешно применил на своем смертельно больном племяннике сыворотку против дифтерита. Значительна была роль Шеррингтона в организации британской науки; в 1920—1925 гг. он был президентом Лондонского королевского общества. В 1932 г. он получил Нобелевскую премию (вместе с Э. Эдрианом) за исследования законов деятельности нервных волокон.

Труды Шеррингтона написаны тяжелым языком, хотя он много внимания уделял своему стилю; помимо научных работ он писал стихи и выступал по истории и методологии науки. В своих философских воззрениях Шеррингтон был дуалистом.

Мы приводим предисловие 1947 г. к переизданию известной монографии Шеррингтона «Интегративная деятельность нервной системы», первоначально опубликованной в 1904 г.

ИНТЕГРАТИВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Предисловие к изданию 1947 года

Позвольте мне принести здесь благодарность Физиологическому обществу, его Правлению и всем его членам, и среди них проф. Самсону Райту, за высказанную щедрую похвалу по адресу моей далеко уже не новой книги. Я с удовольствием уступаю их просьбам написать предисловие к ней. По различным соображениям, текст ее приводится в том самом виде, в каком он был в первом издании книги. Это дает возможность остановиться здесь на некоторых неясностях, которые возникли в течение ряда лет, разделяющих первое и последнее издание.

1

Характеристика функции нерва как деятельности интегрирующей хотя и верна, но едва ли достаточна в качестве определения. Если живой организм представлять себе как некую совокупность, обусловленную проявлением всех составляющих ее частей, то любая часть организма — интегрирующая. Это отлично иллюстрируется примером раковой болезни, когда рост опухоли вне общего плана развития организма оказывается разрушающим как по отношению к организму, так и по отношению к самой опухоли. Таким образом, наши попытки найти наиболее адекватное определение для нерва упираются в вопрос — какова его специфическая роль в интегративной деятельности целостного организма. Одним из ориентирующих обстоятельств служит то, что нерв не является элементом растительного мира. Нервы не обнаружены также и у одноклеточных животных, хотя имеются практически во всех многоклеточных организмах. У них также почти во всех без исключения случаях имеется орган механической работы — мышца, с помощью которой осуществляются движения и установки тела, или, другими словами, моторное поведение животного. Это поведение может быть двоякого рода. С одной стороны, это пищеварительная, экскреторная, короче — висцеральная моторика; с другой — все, что таковой не является. Этим последним ви-

дом моторики обеспечиваются, так сказать, внешние связи организма. Здесь двигательная активность достигает максимальной быстроты и точности, а нерв — наиболее высокой степени развития.

В этой книге речь идет преимущественно о том типе моторного поведения, которое называют рефлексом. Может сложиться впечатление, что в рефлекторной моторике мы усматриваем наиболее важный и, с точки зрения развития, наиболее существенный тип «нервной» моторики. В действительности это не так. Однако рефлекторный акт имеет для физиологического описания известные преимущества. Его можно изучать вне влияний психики. Кроме того, изучение рефлекторных движений не зависит от того вида «нервной» активности, которая носит название самопроизвольной (или спонтанной) и приводит к возникновению самостоятельных ритмических движений, как например дыхание и т. п. Однако чисто рефлекторный акт, сравнительно с обширной областью общего поведения животного, сам по себе нельзя рассматривать как явление, вполне соответствующее субстрату поведения, как соответствуют ему инстинкты, возбуждаемые «влечениями» и «стремлениями». Механизм этих последних изучен еще едва ли достаточно для его лабораторного исследования. Чистый, непсихический рефлекс играет более скромную роль. Поведение, изучаемое в замкнутой группе позвоночных животных, представляется все менее рефлекторным, по мере того как живой индивидуум становится все более сложным. «Спинальный» человек в большей степени калека, чем «спинальная» лягушка.

2

Рефлекс в самых общих чертах можно характеризовать как реакцию организма на воздействие внешнего мира, в котором он существует. Как организм, так и внешний мир — явления одной категории. Оба они укладываются в один физический термин «энергия». Это две системы, которые, согласно Декарту, взаимодействуют друг с другом. Животный организм тесно пригнан к круговороту природы. Кошка, собака, лошадь и т. д., по Декарту, не имеют мыслей или идей: они являются лишь марионетками, которых явления окружающего мира заставляют совершать то, что они совершают. Это был взгляд менее странный, чем он может показаться, будучи выражен в подобной сжатой форме. Однако он дает нам повод думать, что в распоряжении у Декарта никогда не было какого-либо домашнего животного. Современный же эксперимент дает экспериментатору возможность иметь своего рода животное — марионетку, которое в значительной мере подтверждает предположения Декарта. У более высоко организованных позвоночных животных строение центрального нервного органа позволяет с помощью несложной операции «упростить» животное до соответствия его условиям Декарта. Разросшийся центральный нервный орган, расположенный внутри черепа, может быть под наркозом удален, а когда действие наркоза прекратилось, мы полу-

чаем декартовскую марионетку: она способна совершать определенные действия, но она лишена сознания. Утверждение, будто она лишена сознания, может показаться догматическим. Последнее, однако, подтверждается убедительными экспериментами. Мысли, чувства, восприятия, способность к произвольному движению и т. п.— все это более не проявляется и не поддается выявлению. Животное не погибает, однако продолжает существовать лишь как двигательный механизм, который определенными способами возможно привести в движение и затормозить, приостановив отдельные проявления его двигательной активности.

Схематическое изображение пространственного расположения нервов иллюстрирует, как это происходит. Из точек внутри и на поверхностях животного организма нервные волокна направляются к мышцам, но на своем пути туда оказываются вовлеченными в центральный орган, где происходит их переключение. Центральный орган становится своего рода щитом переключения, где отдельные мышцы могут быть или включены или выключены. Начальный пункт нервного пути не в одинаковой степени ответствен за различный характер местных реакций. Каждый начальный пункт вооружен специальным устройством — рецептором, который реагирует лишь на воздействующий фактор определенной природы, например один — на свет, но не на тепло, другой — на тепло, но не на свет. Реакция самого нервного волокна во всех нервных проводниках заключается в генерировании повторных серий кратковременных и незначительных по величине электрических колебаний, распространяющихся от исходного пункта и после переключения в центральном органе достигающих той или иной группы мышц, которая топографически соответствует данной начальной точке. В процессе смены воздействий вводятся или выводятся из деятельного состояния различные группы рецепторов. Таким образом, рецепторы анализируют последовательные взаимоотношения, возникающие между животным организмом и возбуждающимся рецепторным полем, а в конечном счете в самой мышечной реакции. Изменение во внешней среде обусловливает соответствующее изменение в состоянии мышц, введенных в сократительный акт или выключенных из него. Последовательность двигательных актов, таким образом, является результатом последовательности изменений внешней среды.

Возникающие при этом движения не лишены значения; каждое из них имеет очевидный смысл. Общая направленность движения в целом совпадает с направленностью движения, которое совершило бы нормальное интактное животное в аналогичных условиях. Так, кошка встает на ноги (Грэхэм Браун) на полу, который перемещается у нее под ногами в передне-заднем направлении и бежит галопом в соответствии с изменением скорости движения тредбана. Равным образом раздражение незначительным электрическим током («электрическая блоха»), осторожно нанесенное энтомологической иглой на кожу волосяного покрова плеча собаки, вызывает приближение задней лапы с выпущенными когтями

к месту раздражения и ритмическое почесывание волосяного покрова этого участка. Если место раздражения расположено впереди, около уха, лапа направляется прямо туда, если оно лежит позади, в области поясницы, лапа движется в соответствующем направлении, и то же самое происходит, если раздражается участок, лежащий между описанными двумя. Перечень подобных целесообразных движений весьма обширен. Если животное одной ногой наступило на колючку, оно приподнимает эту ногу над землей, удаляясь при этом на остальных конечностях. Молоко, влитое ему в рот, проглатывается, кислота — выплевывается. Кошка, будучи сброшена с высоты ногами вверх, рефлекторно приземляется на ноги. Собака отряхивается после погружения в воду. Севшая на ухо животного муха тотчас же сгоняется резким движением. Если в ухо попала вода, она выбрасывается оттуда энергичным встряхиванием головы. Полный перечень подобных действий далеко превысил бы перечисленные здесь движения. Эксперименты Грэхэма Брауна и Р. Магнуса дают прекрасные тому примеры. Однако, если после всего сказанного мы сравним описанные движения с адекватной реакцией нормального животного, мы увидим, что вся совокупность этих движений является лишь весьма неполным комплексом поведения. Среди них отсутствуют все «социальные» реакции. Состояние голода проявляется при этом как в виде общего беспокойства, так и в оживлении коленного рефлекса, однако животное не способно узнавать пищу как таковую: оно не обнаруживает память, его нельзя воспитать или выучить, оно не усваивает клички. Лишенное какой бы то ни было разумности тело фатально реагирует подобно сложному автомату на определенные воздействия физической, как это делает автомат, но не психической природы.

Существенно, однако, что эти несознательные действия приводят в движение всю моторную систему животного в целом. Таким образом, система без разума в состоянии и ходить, и бегать, она может также прыгать. В эти действия входят способность балансировать и управлять собственным весом, а также хорошая координация движений. Здесь уже имеется интеграция, правда интеграция чисто двигательная. Заслуживает внимания, что эти действия выполняются без участия сознания, если понимать сознание в обычном значении слова. Конечно, мы не забываем, что то, что мы наблюдаем в данном случае, является артефактом. Но это — артефакт анализа. И то обстоятельство, что артефакт такой степени эффективности возможно получить у животных с высоким уровнем «разумности», как кошка или собака, заставляет думать, что у менее сложно организованных животных рефлекс в большей степени является основой общего их поведения. Поведение паука описывается как исключительно рефлекторное; но рефлекторное действие, насколько мы можем его наблюдать, дает мало возможностей для обеспечения взаимодействия с окружающими условиями для лошади, кошки, собаки или, в еще меньшей степени, для нас самих. По-видимому, по мере того как развивается все живое во взаимоотношениях с внешней средой, «сознательное» поведение

стремится заменить поведение рефлекторное, и «сознательные» действия приобретают все большее и большее значение. Параллельно с этим развитием и по сути дела как часть этого развития, по-видимому, увеличивается роль «навыков». Навык всегда возникает в процессе сознательного действия; рефлекторное поведение не возникает в процессе сознательного акта никогда. Навык — всегда приобретенное поведение; рефлекторное поведение всегда врожденное. Навык не следует смешивать с рефлекторным действием.

Объекты изучения рефлекторных действий (спинальные кошка, собака), использованные здесь для рассмотрения, в большей части случаев были искусственно изолированы, так сказать, путем выделения из условий жизни с относительно высоко развитыми[1] формами взаимоотношений с внешней средой. Объекты изучения рефлекторного поведения могли быть даны в менее искусственных условиях, когда животное осуществляет менее сложные взаимоотношения с окружающим миром (животные более низкой организации), как например лягушка. Однако в этом случае реакции, хотя и получаются более естественным путем, трудно объяснимы в отношении их целесообразности и менее полны в своих проявлениях.

3

Рассмотрим поведение иного рода, так сказать, акты иной категории. Мы вступаем в область психического. Согласно старинной пословице, для раздавленного червяка его раздавленное «я» представляется большей половиной мира. С антропоморфической точки зрения подобный червяк является отображением нас самих. «Я» каждого из нас весьма богато возможностями запечатлевать интеграцию, которую мы собираемся рассматривать. Мы способны удерживать в памяти последовательность нервных процессов, которую мы использовали раньше, не вовлекая всякий раз центральный орган. Рецепторные окончания нервных волокон, как мы теперь считаем, являются органами чувств, хотя природа психических явлений, происходящих в центральном органе, остается неясной. Подобная структура механизма «пяти чувств» находится еще в процессе изучения. Посредством последующего взаимодействия с психическим для индивидуума существует мир субъективного и объективного. Индивид обретает психическое бытие. Интеллект приобретает все новые качества. Каждый прожитый день является сценой, где господствует довольство

[1] В этой книге выражения «высший» и «низший» в применении к животным учитывают степень сложности существования во внешней среде. К. У. Монсаррат в книге «Я сам, мое мышление и мои мысли» (1942, стр. 117) выражает это следующими словами: «...под высшим животным здесь следует иметь в виду животное, которое обнаруживает более высокую степень и большее разнообразие в его общении с окружающим, чем некоторые другие, с которыми оно сравнивается». Некоторые биологи употребляют эти выражения в более широком понимании.

или болезни, где разыгрываются комедии, фарсы или трагедии, dramatis persona которых — «я». И все длится до поры, пока не опустится занавес. Это «я» является единством. Непрерывность его существования во времени, постоянство его точек зрения, порой в какой-то мере нарушаемое, неповторимая индивидуальность его жизненного опыта — все это объединяется в виде целостной сущности. Несмотря на множество возможных характеристик, эта сущность воспринимает себя как самостоятельное единство. Так рассматривает себя она сама, так же рассматривают ее и окружающие. К ней обращаются как к таковой, называя по имени, на которое она отзывается. Как таковую учитывают ее Закон и Государство. Как она, так и они отождествляют эту единую сущность с определенным телом, которое рассматривается и ею и ими как ее неотъемлемая интегративная часть. Короче, имеется неоспоримая и несомненная убежденность, что она существует как индивидуальность. Грамматическая логика закрепляет это в форме личного местоимения единственного числа. Все ее многообразие охватывается и объемлется ее единством.

Примером того, насколько привычно и с какой очевидностью «я» рассматривает себя, именно как себя, служит бинокулярное поле зрения. Наше бинокулярное поле зрения, как показывает анализ, предполагает возможность глядеть как бы одним глазом, расположенным по линии, делящей лицо пополам на уровне корня носа. Глядящий бессознательно принимает, что видит глазом циклопа, центр вращения которого находится в только что упомянутой точке. В пределах соответствующего поля зрения он обретает чувство глубины, бессознательно объединяя изображения точек, фактически фиксированных в отдельности каждым глазом, а также множество гомонимно и гетеронимно перекрещенных изображений. Совмещение всех этих элементов основано на отбрасывании (при подсознательно протекающем алгебраическом суммировании) несовместимостей элементов их восприятий для правого и левого глаза. Единство изображений получается с помощью примирения различий, пусть не чересчур значительных, со стороны воспринимающего «я». Можно привести и другие примеры. Яркость бинокулярного поля зрения едва ли существенно отличается от таковой обоих одинаково освещенных монокулярных полей. Однако количество стимулов, получаемых от обоих глаз, примерно в два раза больше при бинокулярном зрении, чем при монокулярном. Если в случае несложных полей яркость поля зрения одного глаза меньше (но не слишком значительно), чем яркость поля зрения другого глаза, яркость бинокулярного поля зрения оказывается по величине промежуточной между яркостями обоих монокулярных полей. Если разница между яркостями обоих монокулярных полей чересчур велика, возникают чередующиеся колебания, т. е. антагонизм, а не слияние полей в одно бинокулярное поле. Точно также при восприятии света бинокулярная интеграция выражается в воспроизведении промежуточного цветового оттенка: так, например, красная и

зеленая почтовые марки бинокулярно синтезируются в блестящий бронзовый тон. Хорошо известны контурные изображения, часто называемые «фигурафон». Если, например, при рассмотрении карнизообразного изображения нависающих образований попытаться рассмотреть это как ряд восходящих ступеней, характер изображаемого неизменно един: либо это только картина, либо — только ступени. Значение рисунка никогда не бывает и тем и другим в одно и то же время. Будь это так, изображение лишилось бы какого бы то ни было смысла. Физическая интеграция находится под определяющим влиянием содержания и значения. Один из первых симптомов у страдающего косоглазием — «двоение» предметов. Ему приходится приучить себя к сознанию, что двоятся не предметы, а двоение происходит в нем самом, в его видящем «я». Каждое из двух изображений одного предмета благодаря косоглазию воспринимается в оптической картине вполне убедительно, как отдельное изображение. В первый момент косоглазие остается определяющим фактором, несмотря на самоубеждающую критику в пользу того, что в действительности двух предметов на месте одного не существует. Однако «я» выучивается подавлять одно из двух изображений. Соединение во времени без обязательного пространственного соединения в мозгу является таким образом элементом синтезирования в сознании. Одновременность сама по себе обеспечит интеллектуальное единство. Это похоже на то, как если бы два человека, близкие по характеру и умственному уровню, соединили бы свой индивидуальный опыт воедино.

4

Помимо приведенных, остается еще один тип интеграции, требующий рассмотрения, хотя стремление связать его с нервной системой может вызвать возражения. Интеграция проявлялась в работе двух основных и в известном смысле дополняющих одна другую систем организма. Физико-химическая система (или для краткости — физическая) обеспечивает единство живой машины, без какового последняя являлась бы простым сочетанием сосуществующих органов. Система психики создает из психических компонентов воспринимающего субъекта думающий и имеющий желания разумный индивид. Хотя наше изложение описывает обе эти системы с их интегративными функциями отдельно одна от другой, в действительности они в значительной степени дополняют одна другую, и жизнь в бесчисленных ее проявлениях использует их одновременно. Нельзя считать, что физическое являлось всякий раз не иначе как физическим или психическое — нечто только психическое. Формальное разделение индивида на две составляющих, которое в нашем описании используется с целью анализа, порождает артефакты, каких не существует в природе.

Для наших целей две схематические составляющие части одной фигуры, которую наш метод разделил, должны быть соединены вместе. Пока

этого не сделано, мы не будем иметь перед собой и подобия совершенного создания рассматриваемого нами типа. Эту интеграцию можно себе представить как последнюю и окончательную интеграцию.

Однако эта интеграция должна преодолеть трудность необычного характера. Ей придется совместить две несовместимости, ей придется объединить две несопоставимые сущности. Так, например, я вижу солнце: глаза, тренированные в известном направлении, улавливают незначительный пучок солнечного излучения, определенного диапазона длины волн, испущенных солнцем менее 10 минут назад. Это излучение конденсируется в виде круглого пятна на сетчатке и вызывает фотохимическую реакцию, которая в свою очередь возбуждает нервные волокна, передающие свое возбуждение к определенным частям мозга и в конце концов к коре его. На пути от сетчатки к коре среда, по которой распространяется возбуждение, исключительно нервная. Это значит, что реакция может быть отнесена к категории электрических. Какая-то часть этой электрической реакции, возникшей в глазу, не достигает мозговой коры, но отклоняется на побочный путь по нервным волокнам, переключающим ее на небольшую мышцу, которая, сокращаясь, предохраняет сетчатку от избытка света. Электрический ток, распространяющийся до мышцы, возбуждает ее. Цепь событий, начиная от вступления солнечных лучей в глаз и кончая, с одной стороны, сокращением зрачковой мышцы, а с другой — электрическими явлениями в мозговой коре, является последовательным рядом звеньев в общей цепи физической «причинности», которая благодаря науке становится нам понятной. Зато в другой последовательности событий, которая продолжается или заканчивается реакцией мозговой коры, имеет место комплекс явлений, совершенно для нас неясных, в объяснении которых наука не может нам помочь. Перед нами комплекс явлений, по-видимому, несопоставимый ни с одним из тех физических событий, которые к этому комплексу приводят. «Я» видит солнце. Оно воспринимает двухразмерный диск определенной яркости, расположенный в небе, которое представляется полем меньшей яркости, имеющим форму уплощенного свода, покрывающего «я», а также сотни других видимых предметов. Что подобная картина в голове не существует, сомнений быть не может. Зрение наделено замечательным свойством, которое называется проекцией, в форме неоспоримого допущения, что то, что видится, находится на расстоянии от глядящего «я». Уже было достаточно сказано, что в последовательности событий обнаружен этап, где физическое условие в мозгу приводит к проявлениям психическим, которые, однако, ни в какой мере не напоминают о мозге или какой-либо другой части тела. Мы, разумеется, не можем предполагать, что на каком-либо этапе «видение солнца» переходит в некий зрительный «вакуум»; при данных условиях какое-то видение всегда имеет место; точно так же с точки зрения физической: электрические волны из того или иного источника появляются в мозгу практически непрерывно в течение всего дня. Следует, по-видимому, предположить наличие двух непрерывно протекающих последо-

вательных явлений, одно из которых физико-химической, другое психической природы, причем временами между обоими имеет место взаимодействие.

Таково взаимоотношение тело — сознание[1]; трудность его понимания лежит в вопросе «как?». Что касается выгодности этой взаимосвязи, то она представляется достаточно очевидной, а именно — возможность психического влияния на физический акт. В качестве иллюстрации возьмем пример из повседневной действительности; кусок пищи во рту является причиной движения губ, языка, щек и т. д. Сознательное «я» отдает себе отчет весьма ясно в том, вкусна или не вкусна пища. В первом случае «я» может проглотить пищу, во втором — выбросить. В первом случае язык и глотка проталкивают пищевой комок в пищевод. Проделав это, наше сознающее «я» больше не контролирует движение куска, хотя последний еще находится в зоне действия мышц и нервов и они умело управляются с ним дальше. Сознательное «я», однако, уже потеряло контроль над ним. Даже если кусок окажется ядом, «я» не может непосредственно вмешаться. Таким образом, пищевой комок ускользает от чувственного восприятия в тот момент, когда наш выбор в отношении его становится недейственным. Психическое не сохраняется в условиях, которые делают его неэффективным.

Ниже говорится, что психическое может повысить реактивность физических систем тела. Таким образом, очевидно, что при благоприятных условиях реакция сетчатки может быть обнаружена уже при воздействии всего шести фотонов; а зрительная реакция может обусловить двигательное поведение всего организма. Однако без зрительного восприятия не смогла бы осуществиться и генерализованная реакция. Процесс, посредством которого реакция частного порядка биологически возводится до масштаба общей, некоторые биологи называют усилением. Субстратом усиления является эмоциональное возбуждение. Духовное начало едва ли может выступать в качестве порогового для физического стимула. Но как проявление этого начала возникает эмоциональное возбуждение, и оно уже может завладеть всем организмом. Интенсификация поведения эмоциональным началом весьма частное явление в жизни живого организма. Однажды я имел возможность наблюдать под микроскопом кусающую блоху. Этот акт, рефлекторный или нерефлекторный, казалось, разыгрывался на фоне крайнего эмоционального возбуждения. Отбрасывая лилипутские масштабы явления, наблюдаемую сцену можно было сравнить с описанием крадущегося льва в «Саламбо». Это была мгновенно промелькнувшая картина, говорящая о целом океане эффектов, заполнивших внутренний мир насекомого. Отсюда следует, что по меньшей мере одним из raison d'être наших психических функций является воздействие на физические акты организма. Значение психического для жизни индивида за-

[1] См. Изложение, освещающее этот вопрос, в книге: У. Рассел Брейн. Философия, 1946, т. 21, стр. 134.

ключается, по-видимому, в оказании влияний на физические акты, в соблюдении интересов самосохранения — стремления, присущего организму. Следовательно, психика обеспечивает более полное соблюдение основных принципов существования, заложенных в живом организме.

Если сегодня подвергнуть это положение внимательному рассмотрению, являются странные на первый взгляд обстоятельства. Мы понимаем, что свойственный организму с незапамятных времен принцип самосохранения как бы отменяется «новым порядком вещей»; новые формы существования отрицают формы, предшествующие им; на горизонте появляются новые моральные ценности. Возникает принцип альтруизма. Намечается крупное противоречие в виде поощрения поведения, движимого любовью к ближнему до степени пожертвования жизнью собственного «я» ради жизни другого «я». Солдат отдает свою жизнь ради жизни других. Этот новый дух, по-видимому, в значительной мере соответствует развитию человека на нашей планете. Лорд Актон намеревался создать «Историю Свободы», между тем не менее сто́ящим было бы создание «Истории Альтруизма». Это может быть сочтено отходом от физиологии, однако я не думаю, что это так. В книге «Град Божий» св. Августина содержится немало физиологии. В той мере, в какой физиология включает в себя человека как физиологический фактор на нашей планете, это противоречие, главным действующим лицом которого он является, не лежит вне границ физиологической науки.

Признавая, что биологическая функция связи психического и физического заключается в расширении физических возможностей организма, следует далее ответить на вопрос, каким образом осуществляется подчинение физических действий организма психике. Этот вопрос лишь частично может быть задан в обратном смысле, так как только некоторые организмы наделены психическими компонентами. У тех, которые им наделены, однако, совершенно очевидно, что телесно-духовная связь обеспечивает в физическом мире физические возможности для выражения психического содержания.

У всех организмов, в которых физическое и психическое сосуществуют, каждое из двух достигает своих целей только благодаря contact utile между ними. И эта связь может выступить в качестве окончательной и высшей интеграции, завершающей и формирующей индивидуальность организма. Однако вопрос, как осуществляется эта связь, остается нерешенным; он остается там же, где Аристотель оставил его более чем 2000 лет тому назад. «Есть, однако, одно своеобразное несоответствие, которое нам следует отметить как характерное для этой и многих других психологических теорий. Они помещают душу в теле и соединяют ее с телом, не пытаясь вместе с тем определить причину этого соединения или телесные условия, в которых оно возникает. Однако именно это, по-видимому, и является основным вопросом» [1]. Вместо того чтобы,

[1] De Anima, I, 3, §§ 22–23, стр. 35.

как это обычно делается в физиологии, не упоминать об этом пункте вовсе, нам казалось более правильным привлечь внимание к нему, используя экспериментальные наблюдения, проведенные в последней главе этой книги.

Можно избежать обсуждения этой связи между двумя несоизмеримыми факторами, однако лишь ценой принятия одной из двух других точек зрения. Если, например, мы будем исходить из представления психического «я», продвигаясь оттуда к его предполагаемому представлению о мире, включая сюда и представление о теле, все построение становится умозрительным и несовместимость телесного и душевного отпадает. «Я» и его мир в этом случае едины по своей природе. Или же, учитывая, что здравый смысл, а также физика и химия, изучающие наше тело и окружающий его космос, сводят все это к единому фактору «энергии», мы можем предполагать, что наша способность мыслить представляет собой нечто вроде выделения этой «энергии». В этом случае несоответствие тело — душа также исчезает, ибо оба они стали формами «энергии», хотя в этом последнем случае это произошло благодаря допущению, которое, по-видимому, для многих является неоправданным.

Касаясь этих двух точек зрения, Рамон-и-Кахал сообщает, что в течение определенного времени он являлся ревностным сторонником первого взгляда, но отмечает далее, что в его практической деятельности приверженность к одной или другой точке зрения не имела равно никакого значения. Я сказал бы, что точка зрения Беркли лишила бы «изюминки» реальную действительность. Равным образом мне трудно себе представить, что достижения Древнего Рима возникли из подобной доктрины.

То мнение, что наша личность, может быть, составляется из двух основных элементов, не заключает в себе, на мой взгляд, больше вероятности, чем допущение, что она зиждется только на одном начале.

VIII. ВСЕЛЕННАЯ И ЗЕМЛЯ



КАНТ

(1724—1804)

Иммануил Кант родился в семье ремесленника в Кенигсберге. Там же он окончил университет, а затем учительствовал. В 1755 г. Кант стал приват-доцентом философии, и только через 15 лет получил кафедру логики и метафизики в родном университете. Ведя регулярнейший образ жизни — по моменту прихода и ухода из кафе, где он проводил вечера, соседи могли проверять часы,— он прожил до 80 лет, ни разу не обращаясь к врачам. При особой страсти к географии он никогда не покидал Восточной Пруссии. Кант был не женат, так как полагал, что семья помешает его занятиям.

Научные и философские интересы всецело подчиняли себе жизнь этого выдающегося мыслителя, развитие которого было столь же медленным, сколь и глубоким.

Основные работы Канта, написанные во второй половине его творческой жизни, посвящены критическому анализу философии. Значителен его вклад в этику, в постановку проблем логики и теории познания. Однако здесь невозможно дать даже краткий обзор его трудов, положивших начало классической немецкой идеалистической философии.

Мы обратимся к „докритическому", естественнонаучному этапу творчества Канта, в котором он, быть может, раньше многих с исключительной ясностью поставил

вопрос об эволюции мира; он предложил механизм развития, основанный на законах современной ему физики. Гипотеза Канта о возникновении Солнечной системы из туманности, предложенная несколькими десятилетиями позднее также и Лапласом, так называемая космогоническая теория Канта – Лапласа, занимает существенное место в развитии естествознания; многие ее черты сохранились и в современных космогонических построениях.

Ниже следует предисловие к сочинению Канта «Всеобщая естественная история и теория неба», опубликованному им анонимно в 1755 г.

ВСЕОБЩАЯ ЕСТЕСТВЕННАЯ ИСТОРИЯ И ТЕОРИЯ НЕБА

Предисловие

Я избрал тему, которая по своей внутренней трудности, а также с точки зрения религии способна с самого начала вызвать у многих читателей неодобрение и предубеждение. Найти то, что связывает между собой в систему великие звенья Вселенной во всей ее бесконечности; показать, как из первоначального состояния природы на основе механических законов образовались сами небесные тела и каков источник их движений,— понимание этого как будто далеко превосходит силы человеческого разума. С другой стороны, религия грозит торжественно выступить с обвинением против той дерзости, когда осмеливаются приписывать природе, предоставленной самой себе, такие следствия, в которых справедливо усматривают непосредственную руку всевышнего, и опасаются найти в нескромности подобных размышлений доводы в защиту богоотступничества. Я прекрасно вижу все эти затруднения и все же не падаю духом. Я сознаю всю силу встающих предо мною препятствий и все же не унываю. Со слабой надеждой пустился я в опасное путешествие и уже вижу очертания новых стран. Те, кто найдет в себе мужество продолжить это исследование, вступят в эти страны и испытают чувство удовлетворения, назвав их своим именем.

Я решился на это начинание, лишь убедившись, что оно не противоречит требованиям религии. Усердие мое удвоилось, когда я увидел, как с каждым шагом все больше и больше рассеивается туман, в сумраке которого, казалось, таятся чудовища, и как после их исчезновения величие всевышнего воссияло ярчайшим светом. Сознавая, что настоящие мои усилия не заслуживают порицания, я добросовестно укажу на все, что в моем замысле могло бы показаться благомыслящему или же слабому уму предосудительным, и я готов представить все это на строгий суд правоверного ареопага с тем чистосердечием, которое свидетельствует о честном

образе мыслей. Послушаем же, какие доводы может привести в данном случае защитник веры.

Если мироздание со всей его стройностью и красотой есть лишь результат действий материи, предоставленной своим всеобщим законам движения, если слепая механика сил природы способна развиваться из хаоса до такого великолепия и сама собой достигает такого совершенства, то доказательство бытия бога, основанное на созерцании красоты мироздания, теряет всякую силу, природа оказывается самодовлеющей, божественное управление ненужным, Эпикур снова воскресает в век христианства, и нечестивая философия попирает веру, озаряющую ее ярким светом, дабы она могла светить.

Я столь убежден в непогрешимости божественных истин, что если бы признал этот упрек основательным, то счел бы все, что им противоречит, вполне опровергнутым ими и потому сам отверг бы его. Но именно то согласие, которое я нахожу между моей системой и религией, возводит мою уверенность перед лицом всех трудностей до степени неустрашимого спокойствия.

Я признаю всю ценность тех доказательств, которые доставляют красота и совершенство мироздания, в подтверждение бытия премудрого создателя. Если не противиться упрямо всякому убеждению, нельзя не подчиниться силе столь неотразимых доводов. Но я утверждаю, что защитники религии не умеют как следует пользоваться этими доводами и тем затягивают до бесконечности спор с натуралистами, без нужды раскрывая перед нами слабые свои стороны.

Обычно подмечают в природе и подчеркивают согласие, красоту, цель и полное соответствие средств с этими целями. Но, возвеличивая природу с этой стороны, ее в то же время пытаются умалить с другой. Внутренняя стройность, говорят, чужда ей, и, будь она предоставлена своим всеобщим законам, она не явила бы ничего, кроме хаоса. Согласованность в ней указывает на постороннюю руку, которая сумела втиснуть в мудрый план лишенную всякой правильности материю. Однако на это я возражаю: если все общие законы, по которым действует материя, также вытекают из высшего замысла, то, вероятно, и они не могут иметь иного предназначения, чем исполнение плана, начертанного высшей мудростью; или же если это не так, то не возникает ли искушение думать, что материя и ее всеобщие законы по крайней мере независимы и что премудрая сила, сумевшая столь похвально пользоваться ими, хотя и велика, но все же не бесконечна, хотя и могуча, но все же не всемогуща.

Защитник религии опасается, что та гармония, которую можно объяснить естественными свойствами материи, может доказать независимость природы от божественного провидения. Он открыто признает, что если можно найти естественные причины всего порядка мироздания, способные породить этот порядок из самых общих и существенных свойств материи, то нет надобности ссылаться на верховное мироправление. У на-

туралиста свои соображения, по которым он не хочет оспаривать это предположение. Но он отыскивает примеры, доказывающие плодотворность всеобщих законов природы по их совершенно гармоническим результатам, и ставит верующего в затруднительное положение такими доводами, которые могли бы стать в руках самого же верующего непобедимым оружием. Приведу примеры. Уже не раз указывалось как на одно из очевиднейших доказательств благого, пекущегося о людях промысла на то обстоятельство, что в наиболее жарком поясе Земли морские ветры, словно по зову, проносятся над страной и освежают ее как раз в то время, когда раскаленная почва больше всего нуждается в прохладе. Так, например, на острове Ямайка тотчас после 9 часов утра, когда Солнце достигает такой высоты, при которой оно посылает на землю сильнейший зной, с моря поднимается ветер, дующий на остров со всех сторон; сила этого ветра возрастает по мере того, как Солнце поднимается все выше. В час пополудни, когда, естественно, бывает жарче всего, он достигает наибольшей силы, а затем, когда Солнце клонится к горизонту, снова постепенно стихает, так что к вечеру наступает такое же безветрие, какое бывает при восходе Солнца. Без такого благоприятного обстоятельства остров этот был бы необитаем. Подобным же благодеянием пользуются и все побережья стран, расположенных в жарком поясе. И именно для побережий оно более всего необходимо, так как эти побережья представляют собой наиболее низкие местности суши и больше всего страдают от зноя; а местности, расположенные выше, куда этот морской ветер не доходит, нуждаются в нем меньше, так как именно благодаря тому, что они расположены выше, там воздух более прохладный. Разве все это не прекрасно, разве здесь не видно ясной цели, достигаемой мудро примененными средствами? Однако натуралист со своей стороны должен отыскать естественные причины этого явления в самых общих свойствах воздуха, не предполагая здесь никаких особых устройств. Он правильно отмечает, что морские ветры должны были бы производить те же периодические движения, если бы даже на таком острове не было ни одного человека, и притом в силу таких лишь свойств воздуха, которые безусловно необходимы помимо данной цели, скажем только для роста растений, а именно в силу его упругости и тяжести. Жар Солнца нарушает равновесие воздуха, разрежая его слои, расположенные над сушей, и тем заставляет более холодный морской воздух вытеснить их и занять их место.

Велика вообще польза ветров для земного шара, и разнообразно применение, какое дает им изобретательность человека! А между тем для их возникновения не было надобности в каких-либо иных устроениях, кроме тех общих свойств воздуха и тепла, которые и помимо указанных целей должны иметь место на Земле.

Но если вы допускаете, скажет здесь вольнодумец, что можно вывести полезные и целенаправленные установления из самых общих и простейших законов природы и это делает излишним особое управление высшей

мудрости, то вам придется признать несостоятельность своих доводов. Вся природа, особенно неорганическая, полна доказательств в пользу того, что материя, сама себя определяющая с помощью механики своих сил, приводит к результатам, отличающимся известной правильностью, и сама собой, без принуждения, удовлетворяет правилам гармоничности. Если же благомыслящий человек, желая спасти благое дело религии, станет оспаривать эту способность всеобщих законов природы, то он сам себя поставит в затруднительное положение и плохой защитой даст неверию повод к торжеству.

Посмотрим, однако, как эти доводы, которые кажутся опасными в руках противников, скорее оказываются сильным оружием против них же самих. Определяя себя по самым общим своим законам, материя своим естественным поведением или, если угодно, под действием слепой механики приводит к подходящим результатам, которые кажутся замыслом высшей мудрости. Воздух, вода, теплота, если их рассматривать как предоставленные самим себе, порождают ветры и облака, дожди и потоки, увлажняющие землю, а также все полезные результаты, без которых природа осталась бы унылой, пустынной и бесплодной. Но производят они их не вслепую, не благодаря случаю, который с таким же успехом мог бы привести и к вредным результатам; нет, мы видим, что своими естественными законами они связаны таким образом, что могут действовать только так, а не иначе. Что же следует думать об этой согласованности? Как это возможно, чтобы вещи, различные по своей природе, в соединении друг с другом приводили к столь совершенному порядку и красоте и действовали даже ради тех, кто до известной степени находится вне сферы мертвой материи, т. е. ради людей и животных,— как все это было бы возможно, если бы они не имели общего источника, а именно бесконечный разум, в котором были начертаны существенные свойства всех вещей в их взаимной связи? Если бы природа одной вещи необходимо существовала сама по себе и независимо от природы другой, то разве было бы возможно такое поразительное стечение обстоятельств, когда эти вещи со своими естественными устремлениями подходят друг к другу именно так, как их мог бы согласовать лишь обдуманный разумный выбор.

Теперь я спокойно перехожу к своей теме. Я представляю себе материю Вселенной в состоянии всеобщего рассеяния и полного хаоса. Я вижу, как на основе всем известных законов притяжения начинает формироваться вещество и как благодаря отталкиванию видоизменяется движение материи. Я испытываю чувство удовлетворения, убеждаясь, как без помощи произвольных вымыслов созидается под действием всем известных законов движения благоустроенное целое, столь схожее с той системой мира, которая находится у нас перед глазами, что я не могу не признать его за эту самую систему. Это неожиданное и величественное развертывание естественного порядка кажется мне вначале подозрительным: ведь столь сложная правильность строится на таком простом и несложном ос-

новании. Но в конце концов вышеприведенное рассуждение убеждает меня, что такое развертывание природы не есть нечто неожиданное с ее стороны, а необходимо порождено ее естественным устремлением и что это — великолепнейшее свидетельство ее зависимости от изначального существа, содержащего источник самого бытия и первых законов его действия. Это уразумение удваивает мое доверие к задуманному мною делу. Моя уверенность растет с каждым новым шагом, и мое уныние совершенно исчезает.

Но, скажут мне, защита твоей системы — это вместе с тем защита столь сходных с ней взглядов Эпикура. Я не буду отрицать, что между ними есть какое-то сходство. Многие стали атеистами, воспринимая лишь внешнюю сторону таких доводов, которые при более основательном рассмотрении могли бы сильнее всего убедить их в достоверности существования всевышнего. Из безупречных основоположений извращенный ум часто делает выводы, достойные всяческого порицания; такими именно и были выводы Эпикура, хотя замысел его соответствовал проницательности великого ума.

Итак, я не буду отрицать, что теория Лукреция или его предшественника Эпикура, Левкиппа и Демокрита во многом сходна с моей. Так же как и эти философы, я полагаю, что первоначальным состоянием природы было всеобщее рассеяние первичного вещества всех небесных тел, или, как они их называют, атомов. Эпикур предполагал, что существует тяжесть, заставляющая падать эти первичные частицы материи; она, по-видимому, немногим отличается от принимаемого мною ньютонова притяжения. Эпикур приписывал этим частицам и некоторое отклонение от прямолинейного падения, хотя о причинах и следствиях этого отклонения у него были нелепые представления; это отклонение до некоторой степени совпадает с тем изменением прямолинейного падения, которое, по нашему мнению, вызывается отталкивательной силой частиц. Наконец, вихри, возникавшие из беспорядочного движения атомов, составляли один из главных пунктов в системе Левкиппа и Демокрита, и эти вихри встречаются и в нашем учении. Столь большая близость к учению, которое в древности было подлинной теорией богоотступничества, не вовлекает, однако, мою систему в круг его заблуждений. Даже в самых бессмысленных взглядах, которые когда-либо пользовались успехом у людей, всегда можно найти какую-то долю правды. Ложное основание или два-три опрометчивых обобщения незаметным образом сбивают человека со стези истины в пропасть. Несмотря на отмеченное сходство между старой космогонией и предлагаемой ныне, между ними все же имеется существенное различие, которое позволяет сделать из нашей теории прямо противоположные выводы.

Названные выше сторонники учения о механическом происхождении мироздания выводили всякий наблюдаемый в нем порядок из слепого случая, который столь удачно объединил атомы, что они составили одно стройное целое. Эпикур, нисколько не смущаясь, утверждал даже, что

атомы, дабы стала возможной их встреча, без всякой причины отклоняются от своего прямолинейного движения. Все эти философы доводили эту несуразность до того, что приписывали происхождение всех живых существ именно этому слепому случаю и поистине выводили разум из неразумения. Я считаю, наоборот, что материя подчинена некоторым необходимым законам. Я вижу, как из ее состояния полнейшего разложения и рассеяния вполне естественно развивается некое прекрасное и стройное целое. И происходит это не случайно и не вслепую, а, как мы видим, необходимо вытекает из естественных свойств. Разве отсюда не возникает вопрос: почему же материи должны были быть присущи как раз эти законы, приводящие к порядку и согласию? Возможно ли, чтобы множество вещей, из которых каждая имеет свою собственную, независимую от других природу, сами определяли друг друга именно так, чтобы отсюда возникло стройное целое, а если результат именно таков, то не служит ли это неоспоримым доказательством того, что у них общий источник, которым может быть только вседержительный, высший разум, замысливший природу вещей для достижения общих целей?

Итак, материя, составляющая первичное вещество всех вещей, подчинена известным законам и, будучи представлена их свободному воздействию, необходимо должна давать прекрасные сочетания. Она не может уклониться от этого стремления к совершенству. Поскольку, следовательно, она подчинена некоему мудрому замыслу, она необходимо была поставлена в такие благоприятные условия некоей господствующей над ней первопричиной. Этой причиной должен быть бог уже по одному тому, что *природа даже в состоянии хаоса может действовать только правильно и слаженно.*

Я столь высоко ценю искренние убеждения тех, кто окажет мне честь своим вниманием к моему очерку, что вполне уверен в том, что приведенные выше основания, если и не окончательно устранят все страхи, будто возможны опасные выводы из моей системы, то по крайней мере поставят вне сомнения чистоту моих намерений. Если же тем не менее найдутся злостные ревнители, считающие священным долгом своего призвания давать вредное истолкование самым невинным взглядам, то я уверен, что их суждения произведут на разумных людей впечатление, прямо противоположное их умыслу. Во всяком случае меня не лишат того права, которым перед лицом справедливых судей всегда пользовался Картезий, дерзнувший объяснить образование небесных тел на основании одних лишь механических законов. Приведу по этому поводу слова авторов «Всеобщей истории мира» [1]: «Мы можем, однако, полагать только следующее: нет ничего предосудительного и умаляющего достоинство бога (вопреки мнению некоторых) ни в попытке того философа, который образование мира за определенный промежуток времени из хаотической материи старается объяснить простым продолжением однажды сообщенного ей

[1] 1 часть, § 88.

движения, сводя все это к немногим простым и всеобщим законам движения, ни в попытке тех, кто *позднее с большим успехом пытался сделать то же самое, исходя из первоначальных и прирожденных свойств материи, ибо в действительности это приводит только к более высокому понятию о бесконечной мудрости бога».*

Я постарался ответить на те возражения, которые религия может выставить против моих положений. Остаются некоторые не менее серьезные с точки зрения самого существа дела. Пусть это верно, скажут, что бог вложил в силу природы таинственную способность само собою подняться из хаоса к совершенному устройству мира; но неужели разум человека, столь слабый даже в решении обыденнейших вопросов, способен исследовать скрытые свойства в столь обширном предмете? Подобная дерзновенная попытка равносильна тому, как если бы кто-нибудь сказал: *дайте мне только материю, и я построю вам из нее целый мир.* Неужели слабость твоего разумения, посрамляемая ничтожнейшими событиями, которые ежедневно совершаются у тебя на глазах, не убеждает тебя в тщете всех попыток постигнуть неизмеримое и узнать то, что происходило в природе, когда еще не было мира? Я преодолеваю это затруднение, ясно доказывая, что из всех исследований, какими может заниматься естествознание, именно данное может легче и вернее всего добраться до первопричины. Подобно тому как из всех задач естествознания ни одна не была разрешена столь правильно и точно, как вопрос об истинном строении Вселенной в целом, о законах движения и внутреннем механизме обращения всех планет — область, в которой ньютонова философия может дать такие познания, каких мы не встречаем ни в какой иной части философии, точно так же, утверждаю я, из всех естественных явлений, первопричину которых мы ищем, можно прежде всего надеяться основательно и надежно уразуметь именно происхождение системы мира, возникновение небесных тел и причины их движений. Легко понять, почему это так. Небесные тела представляют собой шарообразные массы и, следовательно, имеют самое простое строение, какое только может иметь тело, происхождение которого мы исследуем. Их движения также просты. Они представляют собой не что иное, как свободное продолжение однажды сообщенного им движения, которое, связанное с притяжением тела, расположенного в центре, становится круговым. Кроме того, пространство, в котором движутся небесные тела, пусто; расстояния, отделяющие их друг от друга, чрезвычайно велики, и, стало быть, налицо все условия, необходимые как для стройного движения, так и для ясного обнаружения его. Мне думается, здесь можно было-бы в некотором смысле сказать без всякой кичливости: *дайте мне материю, и я построю из нее мир,* т. е. дайте мне материю, и я покажу вам, как из нее должен возникнуть мир. Ибо, раз дана материя, которая по природе своей одарена силой притяжения, нетрудно определить те причины, которые могли содействовать устроению системы мира, рассматриваемой в целом. Известно, что необходимо, чтобы тело приобрело шарообразную форму, и что

требуется для того, чтобы свободно парящие тела совершали круговое движение вокруг центра, к которому они притягиваются. Взаимное расположение орбит, совпадение направления, эксцентриситет — все это может быть объяснено простейшими механическими причинами, и можно твердо рассчитывать найти эти причины, так как они покоятся на самых простых и ясных основаниях. А можно ли похвастаться подобным успехом, когда речь идет о ничтожнейших расстояниях или о насекомых? Можно ли сказать: *дайте мне материю, и я покажу вам, как можно создать гусеницу?* Не споткнемся ли мы здесь с первого же шага, поскольку неизвестны истинные внутренние свойства объекта и поскольку заключающееся в нем разнообразие столь сложно? Поэтому пусть не покажется странным, если я позволю себе сказать, что легче понять образование всех небесных тел и причину их движений, короче говоря, происхождение всего современного устройства мироздания, чем точно выяснить на основании механики возникновение одной только былинки или гусеницы.

Таковы основания, на которых покоится моя уверенность в том, что физическая часть науки о Вселенной может быть в будущем доведена до такого же совершенства, до какого Ньютон довел ее математическую часть. Наряду с законами, на которых зиждется мироздание в его настоящем виде, во всем естествознании нет, пожалуй, других, способных к такому математическому выражению, как законы, согласно которым возникло мироздание, и рука искусного математика, без сомнения, найдет здесь благодатную почву для обработки.

До сих пор я постарался подготовить благосклонный прием для темы моего исследования; да будет позволено мне теперь вкратце объяснить, как я ее разработал. В первой части я излагаю в общих чертах новую систему мироздания. Господин Райт Дэрхем, с трактатом которого я познакомился из «Hamburgische freie Urtheile» за 1751 г., впервые навел меня на мысль рассматривать неподвижные звезды не как рассеянную без видимого порядка кучу, а как систему, имеющую величайшее сходство с планетной; ибо, как в этой системе планеты находятся очень близко к одной общей плоскости, так и неподвижные звезды расположены максимально близко к определенной плоскости, которую следует представить себе проходящей через все небо; наибольшее скопление звезд около этой плоскости и образует ту светлую полосу, которая носит название Млечного пути. Так как этот пояс, светящийся бесчисленными солнцами, имеет точно направление большого круга, то я убедился, что и наше Солнце также должно находиться очень близко к этой общей большой плоскости. Когда я начал исследовать причины этого явления, я счел весьма вероятным, что так называемые неподвижные звезды — это в сущности медленно движущиеся планеты высшего порядка. В подтверждение того, что в соответствующем месте будет сказано по этому поводу, я приведу здесь один только отрывок из сочинения господина Брадлея о движении неподвижных звезд: «Если составить суждение, сопоставив результа-

ты нынешних наших лучших наблюдений с теми, которые с известной степенью точности производились ранее, то выясняется следующее: некоторые неподвижные звезды действительно изменили свое положение относительно друг друга, и притом так, что совершенно очевидно, что это произошло не вследствие какого-то движения в нашей планетной системе, а что оно может быть объяснено только движением самих звезд. Арктур дает нам веское доказательство в пользу этого. Действительно, если сравнить нынешнее его склонение с тем местом его, которое определили Тихо и Флемстид, то мы обнаружим, что разница между ними большая, чем можно было ожидать от неточности их наблюдений. Есть основание полагать, что среди великого множества видимых звезд найдутся и другие примеры подобного рода, так как их взаимное расположение может изменяться по самым разным причинам. В самом деле, если представить себе, что наша собственная солнечная система меняет свое место по отношению к мировому пространству, то по прошествии некоторого времени это должно вызвать видимое изменение угловых расстояний неподвижных звезд. А так как в подобных случаях это оказало бы большее влияние на местоположение ближайших звезд, чем на местоположение отдаленных, то нам будет казаться, что их взаимное расположение изменяется, хотя в действительности сами звезды остаются неподвижными. Если же, наоборот, наша собственная планетная система стоит неподвижно, а некоторые звезды действительно движутся, то и в этом случае должно казаться, что их положение изменяется, притом тем значительнее, чем ближе они к нам или чем более заметно нам направление движения. Так как, следовательно, положение звезд может изменяться под влиянием столь различных причин, то, принимая во внимание колоссальные расстояния, на которые, несомненно, удалены от нас некоторые звезды, следует полагать, что потребуются, вероятно, наблюдения многих поколений, дабы определить законы видимых изменений хотя бы одной-единственной звезды. Тем более трудно определить такие законы для всех наиболее замечательных звезд».

Я не берусь в точности определить границы, отделяющие систему господина Райта от моей собственной и указать, в чем я просто следовал его схеме и в чем развил ее дальше. Однако вскоре мне представились серьезные основания значительно расширить их в одном направлении. Я обратил внимание на те звездные туманности, о которых упоминает г-н Мопертюи в своем трактате о фигуре созвездий[1] и которые

[1] Так как у меня нет под рукой этого трактата, я ссылаюсь здесь на «Ouvrages diverses de Mrs. de Maupertuis» в «Acta Erud» за 1745 г. Речь идет о тех светлых пятнах на небе, которые носят названия звездных туманностей и обычно считаются скоплением мелких неподвижных звезд. Однако астрономы при помощи превосходных подзорных труб убедились в том, что это только большие овальной формы пятна, несколько более светлые, чем остальные части неба. Гюйгенс нашел нечто подобное впервые в Орионе; Галлей упоминает в Anglical. Trans. о шести таких пятнах: 1) в Мече Ориона, 2) в Стрельце, 3) в Кентавре, 4) перед правой ногой Антиноя,

имеют форму более или менее открытых эллипсов, и легко убедился в том, что они не что иное, как скопление множества незначительных звезд. Всегда правильная округлость этих фигур убедила меня в том, что здесь перед нами должно быть бесконечное множество звезд, и притом расположенных вокруг некоторого общего центра, ибо иначе они должны были бы ввиду их свободного положения по отношению друг к другу казаться неправильной формы, а не ясно очерченными фигурами. Я сделал также вывод, что в той системе, в которую они объединены, они должны группироваться преимущественно в одной плоскости, потому что они представляют не совершенно круглые, а эллиптические фигуры, и что ввиду их слабого света они должны находиться от нас на неизмеримо большом расстоянии. Выводы, которые я сделал из этих аналогий, предложены на рассмотрение непредубежденного читателя в самом трактате.

Во второй части, содержащей в себе основную тему настоящего трактата, я пытаюсь объяснить, как на основании одних лишь механических законов образовалось мироздание из простейшего состояния природы. Если же тем, кого смущает дерзновенность моей попытки, я смею предложить, какого порядка им следовало бы придерживаться при рассмотрении моих взглядов, то я попросил бы их прочесть прежде всего *восьмую главу,* которая, надеюсь, направит их суждение на верный путь. Но, приглашая благосклонного читателя приступить к критическому рассмотре-

---

5) в Геркулесе, 6) в поясе Андромеды. Если рассматривать их в 8-футовый отражательной телескоп, то видно, что лишь четверть из них можно принять за скопление звезд; остальные представляются лишь беловатыми пятнами, мало отличающимися друг от друга, разве только тем, что одни из них имеют более круглую форму, а другие продолговатую. По-видимому, выяснилось также, что беловатое мерцание у первых не может быть от видимых в телескопе мелких звездочек. По мнению Галлея, эти явления могут объяснить то, о чем говорится в начале библейской истории сотворения мира, а именно, что свет был создан раньше Солнца. Дэрхем сравнивает их с отверстиями, сквозь которые просвечивает другое необъятное пространство, а может быть, и огненное небо. По его мнению, ему удалось обнаружить, что звезды, видимые около этих пятен, гораздо ближе к нам, чем эти светлые пятна. Автор присовокупляет к этому перечень звездных туманностей, взятые у Гевелиуса. Он считает их большими светящимися массами, которые сплющились от чрезвычайно сильного вращения. Если бы материя, из которой они состоят, имела такую же силу света, как и прочие звезды, то она должна была бы быть огромной, коль скоро ее рассматривают с гораздо большего расстояния, чем расстояние ее звезд, и тем не менее видно в телескопе, что она имеет заметную форму и величину. Но если бы по своей величине они приблизительно равнялись остальным неподвижным звездам, то они должны были бы быть не только гораздо ближе к нам, и иметь гораздо более слабый свет, потому что при такой близости и кажущейся величине они все же дают столь слабое мерцание. Поэтому было бы очень интересно открыть их параллакс, если только они его имеют, ибо те, кто отрицает у них наличие параллакса, быть может, делают выводы о всех на основании наблюдения над немногими. Если бы оказалось, что звездочки, наблюдаемые в середине этих пятен, например в Орионе (или, еще лучше, на пятне перед правой ногой Антиноя, похожей на неподвижную звезду, окружаемую туманом), ближе к нам, то это означало бы, что мы видим их как бы проектированными на эти пятна или же что они просвечивают сквозь указанные массы, как сквозь хвосты комет.

нию моих взглядов, я, естественно, опасаюсь, что, поскольку к такого рода гипотезам обычно относятся ненамного лучше, чем к философским мечтаниям, читатель вряд ли охотно согласится разобраться в придуманной нами истории природы и терпеливо следовать за автором через все повороты, благодаря которым он обходит возникающие перед ним затруднения,— и все это для того, чтобы в конце, быть может, посмеяться над своим собственным легковерием подобно зевакам, слушающим зазывалу на лондонской ярмарке [1]. Но я осмеливаюсь обещать, что если предлагаемая подготовительная глава все же побудит читателя рискнуть в силу столь вероятных предположений на такое отважное путешествие в область физики, то на дальнейшем своем пути он не встретит столько закоулков и непреодолимых препятствий, как он, быть может, опасался вначале.

Действительно, я с величайшей осмотрительностью старался избежать всяких произвольных измышлений. Представив мир в состоянии простейшего хаоса, я объяснил великий порядок природы только силой притяжения и силой отталкивания — двумя силами, которые одинаково достоверны, одинаково просты и вместе с тем одинаково первичны и всеобщи. Обе они заимствованы мною из философии Ньютона. Первая в настоящее время есть уже совершенно бесспорный закон природы. Вторая, которой физика Ньютона, быть может, не в состоянии сообщить такую же отчетливость, как первой, принимается здесь мною только в том смысле, в каком ее никто не оспаривает, а именно для материи в состоянии наибольшей разреженности, как, например, для паров. На столь простых основаниях я совершенно естественно строю всю свою последующую систему, не делая никаких выводов, которые не мог бы сделать каждый внимательный читатель.

В заключение позволю себе сказать несколько слов о том, насколько ценными и важными я считаю те положения, которые встречаются в излагаемой ниже теории, и о том, какую оценку ее желал бы я получить от беспристрастных судей. Справедливо судят об авторе по тому клейму, которое он сам ставит на свое изделие, поэтому я надеюсь, что мыслям, высказанным мною в различных частях настоящего трактата, будут придавать не больше значения, чем я сам им придаю. От подобной работы вообще нельзя требовать строжайшей геометрической точности и математической непогрешимости. Когда система основана на аналогии и совпадении согласно законам вероятности и на правильно построенных суждениях, то она достаточно удовлетворяет всем требованиям своего предмета. Я полагаю, что эта степень годности достигнута мною в некоторых главах настоящего трактата, например в теории звездных систем, в гипотезе о свойствах звездных туманностей, в общем очерке механического происхождения мироздания, в теории кольца Сатурна и в некоторых других. Несколько менее убедительными кажутся некоторые отдельные части

[1] См. басню Геллерта «Ганс Норд».

изложения, например определение соотношений эксцентриситета, сравнение планетных масс, различные отклонения комет и некоторые другие.

Поэтому если в седьмой главе, увлеченный плодотворностью системы и красотой величайшего и самого удивительного предмета, какой только можно себе представить, я, насколько возможно, развиваю выводы из моего учения — правда, все время руководствуясь аналогией и разумной вероятностью, хотя и с некоторым риском,— если я рисую воображению бесконечность Вселенной, образование новых миров и гибель старых, безграничное пространство хаоса, то я надеюсь, что ввиду увлекательности предмета и того наслаждения, какое испытывают от сознания максимальной стройности теории, ко мне проявят снисхождение и не будут судить о ней со всей геометрической строгостью, к тому же не подходящей для подобного рода исследований. На такую благосклонность я рассчитываю и по отношению к третьей части. Впрочем, и в ней читатель всегда найдет нечто большее, чем произвольные вымыслы, хотя и нечто меньшее, чем бесспорную истину.



ГЕТТОН

(1726—1797)

Джеймс Геттон родился в Эдинбурге; там же он окончил университет по отделению искусств. Став помощником адвоката, он сначала увлекся химией. Затем три года изучал медицину и в 1749 г. в Лейдене получил степень доктора медицины. Несколько лет в своем имении он занимался сельским хозяйством. Однако, путешествуя по родной Шотландии, по Англии и Уэльсу, Геттон все больше обращается к проблемам геологии.

В течение ряда лет он разрабатывал свои представления о развитии Земли, сформировавшиеся на основе полевых наблюдений. Геттон сформулировал принцип непрерывности геологического развития и указал на процессы, составляющие геологический цикл при вторжении изверженных пород в толщу осадочных. По сравнению с подчас фантастическими гипотезами и частными сведениями, составлявшими тогда содержание геологической науки, обобщения Геттона были крупным шагом вперед в понимании эволюции и действия геологических сил. Работы Геттона сначала были опубликованы в «Известиях» только что основанного Эдинбургского Королевского общества, а затем в двухтомной «Теории Земли» (1795). Его друг, шотландский естествоиспытатель и математик Джон Плейфер, переработал записки и книгу Геттона, ко-

торая написана очень пространно, и в 1802 г. издал свое «Изложение геттоновой теории Земли».

Мы приводим предисловие к этой блестяще написанной книге Дж. Плейфера, оказавшей существенное влияние на развитие геологической мысли, в первую очередь, на труды английского геолога Чарлза Лайеля.

ИЗЛОЖЕНИЕ ГЕТТОНОВОЙ ТЕОРИИ ЗЕМЛИ

Предисловие

Даже при первом знакомстве с явлениями минерального царства мы убеждаемся в том, что условия на поверхности Земли не были одинаковыми во все времена и не были такими, какими они представляются в данный момент. Когда мы смотрим на отпечатки растений в наиболее твердых породах, когда мы находим деревья, обратившиеся в кремень и целые толщи известняка или мрамора, состоящего из ракушек или кораллов, мы видим одну и ту же сущность в двух, совершенно различных друг от друга состояниях. В последнем случае мы имеем ясное доказательство того, что теперешняя суша была некогда глубоко погружена в воды океана. Если к этому мы прибавим то, что обширные массивы скал, весьма прочных и плотных, состоят лишь из песка и гравия, а с другой стороны, мы находим теперь гравий в том виде, как он первоначально образуется в руслах рек или на берегу моря в местах, удаленных от того и другого. Если далее мы станем размышлять о неправильном и изломанном контуре материков и о сходстве земных слоев по обе стороны одной долины или одного морского залива, то мы увидим достаточно причин, приводящих нас к выводу о том, что Земля была театром многих великих превращений и ничто на ее поверхности не избежало их действий.

Истинная задача *теории Земли* состоит в том, чтобы проследить за последовательностью этих превращений, объяснить их причины и тем самым соединить воедино все указания на эти изменения, которые мы обнаруживаем в царстве минералов.

Однако, несмотря на то, что внимание человека может обращаться к вопросам теории Земли даже при очень поверхностном знакомстве с явлениями геологии, образование такой теории требует точных и обширных наблюдений и не совместимо ни с чем иным, как с весьма продвинутым состоянием физических наук. Может быть, в этих науках нет более трудных исследований, во всяком случае нет таких, где явления были столь сложны, видимость вещей столь разнообразна и столь различна в разных местах и где действительные причины изменений так да-

леки от области привычных понятий. Поэтому все попытки сформулировать теорию Земли — очень современного происхождения; недаром, по простоте своего предмета, астрономия есть старейшая из наук, так и вследствие сложности своего объекта изучения геология является самой молодой.

Нашей цели чужда какая-либо необходимость обращаться к истории тех систем знаний, которые были предложены для объяснения причин явлений минерального царства. Достаточно будет заметить, что эти системы обычно могут быть сведены к двум типам, смотря по тому, объясняют ли они происхождение земных тел действием *огня* или *воды*. Соответственно этому разделению их последователи до последнего времени различались причудливыми названиями *вулканистов* и *нептунистов*. Доктор Геттон скорее принадлежал к последним, хотя в своей системе он прибегает к действию как огня, так и воды, и потому, строго говоря, он не может быть отнесен ни к тем, ни к другим.

В сжатом изложении этого учения, которое последует, я буду рассматривать царство минералов, как бы состоящим из двух частей, а именно: стратифицированных и нестратифицированных пород. Вначале я рассмотрю явления, принадлежащие собственно к нестратифицированным породам, затем я перейду к явлениям, характерным для стратифицированных, и, наконец, к явлениям, общим для тех и других. Далее, первый вопрос естественно распадается на три раздела, а именно: на раздел *о составе*, *окаменении* и *положении* слоев.



ДОКУЧАЕВ

(1846—1903)

Василий Васильевич Докучаев родился в селе Милюково б. Смоленской губернии в семье сельского священника. В столь образно описанной Помяловским в «Очерках бурсы» Смоленской семинарии он получил духовное образование и был направлен в Петербургскую духовную академию. Однако через год Докучаев перешел на физико-математическое отделение Университета, который и окончил в 1871 г.

Через 8 лет за диссертацию «Способ образования речных долин Европейской России» Докучаев получает ученую степень магистра геогнозии. Участвуя в работах Департамента земледелия и сельской промышленности, Докучаев обращается к проблемам почвоведения. Вскоре, в 1883 г., он представляет подробный отчет «Русский чернозем», ставший его докторской диссертацией. Это знаменитое исследование положило начало развитию почвоведения как независимой научной дисциплины, стоящей на стыке геологии, биологии, химии. В области географии Докучаеву принадлежит важнейшее понятие о ландшафтных зонах; впервые составленные им почвенные карты стали образцом для такого рода исследований.

В дальнейшем вся деятельность Докучаева была направлена на широкое развитие нового научного направления, рассматривавшего почву как особое природное тело,

имевшего также громадное практическое значение для сельского хозяйства России. В 1892—1897 гг. он возглавляет Институт сельского хозяйства и лесоводства, который под его руководством стал образцовым исследовательским центром. Докучаев добивается открытия кафедр почвоведения и микробиологии в ряде университетов, и большое число его учеников развивают начатое им дело. По инициативе Докучаева готовилась организация почвенного института; смерть (на 57 году) помешала осуществлению этого его замысла; институт его имени был организован только после Великой Октябрьской Социалистической революции.

Ниже следует предисловие к «Русскому чернозему».

РУССКИЙ ЧЕРНОЗЕМ

ПАМЯТИ АЛЕКСЕЯ ИВАНОВИЧА ХОДНЕВА

«Ein Menschenleben würde, bei der unendlichen Grösse des Raums, kaum hinreichen, alle die verschiedenen lithologischen Mischungen und Uebergänge des Tschernosem und seiner Sippschaft, ihrelokalen Eigenthümlichkeiten, verschiedenartige Fruchtbarkeit Unterboden, Ablagerung etc., gründlich untersuchen und beschreiben zu wollen...»

Wangenheim von Qualen[1]

В ноябре 1876 г., по предложению покойного А. И. Ходнева и проф. А. В. Советова, была образована при 1-м отделении Вольного экономического общества специальная комиссия для разработки программы новых исследований русского чернозема; кроме означенных лиц, в ее состав вошли еще проф. М. Н. Богданов и автор предлагаемого труда. На основании *особого доклада* одного из своих сочленов, «комиссия сочла необходимым разделить предстоявшие работы на *две совершенно самостоятельные части*: 1) исследования *геолого-географические* и 2) исследования *физико-химические*; первый ряд исследований решено было возложить на специалиста-геолога, поручив ему: а) посетить по возмож-

[1] «Человеческой жизни едва ли хватит, чтобы основательно изучить и описать *все* литологическое разнообразие и все переходы чернозема и родственных ему почв,— при бесконечности занимаемого ими пространства — все их местные особенности, различное плодородие, подпочву, отложение и т. д.» Вангенгейм фон Квален. [W. von Qualen. Beiträge zur Kenntniss der schwarzen Erde in Russland (Tschernosem). Bull. de la Societe des naturalistes de Moscou, 1853, t. 26, N 1.].— *Ред.*

ности большую часть тех местностей и пополнить те пробелы в *геологическом и географическом отношениях,* на которые указано в упомянутом *докладе*; б) пересечь черноземную полосу Европейской России в ее наиболее типичных местах: один раз с севера на юг, другой — с востока на запад; в) собрать в достаточном количестве образцы *типичного* чернозема из разных местностей; г) взять образцы всех почв, *переходных* от настоящего чернозема к почвам: *заведомо лесной, торфянистой* и *солончаковой*, равно как и этих последних, с их местными названиями; д) запастись полной коллекцией различного рода *подпочв* чернозема и е) собрать по *возможности* сведения, с одной стороны, о степени истощенности той или другой полосы чернозема, а с другой — о хлебах, наиболее успешно растущих на данном черноземе».

Такой план исследований без всяких изменений был одобрен 1-м Отделением, Советом и Общим собранием Вольного экономического общества, которое 24 февраля 1877 г. и постановило приступить летом того же года к началу работ. Совету общества угодно было возложить на меня исполнение *первой половины* (1) программы, причем выражалось желание, чтобы геологические исследования окончились в течение двух летних каникул, следовательно, в промежуток времени около 8 месяцев.

Так как площадь черноземной полосы России занимает около 80—90 миллионов десятин, то, чтобы хотя бы в *общем* исполнить данную мне задачу,— чтобы видеть хотя *главнейшие* пункты исследуемой территории, мне пришлось сделать в течение 8 летних месяцев около 10000 верст.

Само собою понятно, что при таком громадном пространстве, несмотря на деятельную помощь (в 1878 г.) кандидата С.-Петербургского университета П. А. Соломина, не было *физической возможности* входить во время экскурсий в рассмотрение различного рода *детальных* вопросов о черноземе; ясно, что не в моих средствах было останавливаться на *фактическом* решении многих *практических вопросов,* может быть и важных, но имеющих, несомненно, *местные* характер и интерес; как увидит читатель ниже, я исключительно преследовал *общие* задачи и стремился по возможности изучить чернозем с научной *естественноисторической* точки зрения; мне казалось, что только на *такой* основе, и только *после* всесторонней научной установки этой основы, и могут быть построены различного рода *действительно практические меры* к поднятию сельского хозяйства черноземной полосы России.

Как бы там ни было, но задача, возложенная на меня Вольным экономическим обществом, была исполнена, с формальной стороны, вполне уже к концу 1878 г.: в октябре этого года были сданы мною Обществу и почвенные коллекции, и предварительные отчеты.

Продолжая в 1878—1880 гг. обработку собранного мною материала, я пришел, между прочим, к таким выводам *относительно почв юго-западной России,* которые стояли в весьма сильном противоречии с обще-

принятыми понятиями о черноземе данной местности, были так неожиданны, так трудно объяснимы и важность которых в научном и практическом отношениях была так велика, что я решил летом 1881 г. еще раз посетить юго-западную Россию и заглянуть в ее *наиболее глухие уголки.* Смысл этой экскурсии был настолько очевиден, что С.-Петербургское общество естествоиспытателей нашло возможным уделить мне из своих крайне скудных денежных ресурсов необходимые средства для окончательного решения упомянутых выводов; почти во все время летних работ 1881 г. со мной экскурсировал кандидат-агроном А. И. Кытманов, содействие которого, а отчасти и средства, дали мне возможность значительно расширить подлежавший район исследования.

Почти сейчас же по окончании этих работ, зимой 1881 г., Нижегородское губернское земство решило подвергнуть свою губернию детальному *почвенному* и *геологическому* исследованию, *с целью положить таковое изучение в основу земского обложения земель.* Этот обширный и совершенно новый в России труд был предложен земством мне; и я тем охотнее принялся за его исполнение, что он давал возможность *весьма подробно* исследовать один из интереснейших уголков наиболее важной *северной* границы чернозема, что, в свою очередь, должно было значительно пополнить мои прежние *общие* исследования. Летние экскурсии 1882 г. велись мною в Нижегородской губернии вместе с моими учениками — П. А. Земятченским, Н. М. Сибирцевым и А. Р. Ферхминым.

Все упомянутые обстоятельства и были одною из причин, почему мой полный отчет является в свет только теперь. Кроме обширности задачи и района, другим, не менее важным, затруднением при настоящей работе служили собирание и оценка литературных данных, крайне *разбросанных,* крайне *разнохарактерных* и *принадлежащих* большею частью *перу людей, не занимавшихся специально почвенными вопросами.* Но, может быть, самую главную трудность исследуемой нами задачи составляет ее *особый* характер: *почвы, являясь результатом чрезвычайно сложного взаимодействия местного климата, растительных и животных организмов, состава и строения материнских горных пород, рельефа местности, наконец, возраста страны,* понятно, требуют от их исследователя беспрестанных экскурсий в область самых разнообразных специальностей.

Я закончу мое краткое предисловие выражением глубокой благодарности Вольному экономическому обществу, Обществу естествоиспытателей при С.-Петербургском университете и моим молодым спутникам; первым — за средства, вторым — за усердное содействие.

31 октября 1883 г.



ВЕГЕНЕР

(1880—1930)

Альфред Лотар Вегенер родился в Берлине. Высшее образование он получил в Гейдельберге и Инсбруке; затем в Берлине защитил докторскую диссертацию на астрономическую тему. В качестве метеоролога Датской экспедиции он провел 1906—1908 гг. в Гренландии. Исследования Вегенера в области метеорологии завершились написанием капитального руководства «Термодинамика атмосферы» (1911).

Последующая научная деятельность этого выдающегося геофизика была посвящена проблеме происхождения основных элементов поверхности Земли. Его теория дрейфа континентов была сформулирована в известной книге «Возникновение материков и океанов» (1915). Вегенеру принадлежит метеоритная гипотеза образования лунных кратеров, получившая блестящее подтверждение современными исследованиями Луны. После первой мировой войны, во время которой Вегенер служил в рядах германской армии метеорологом, он стал профессором кафедры метеорологии и геофизики, созданной для него в Граце. В последующие годы он организовал экспедиции в Гренландию с целью точного определения изменений положения этого острова и проверки своей теории. Во время четвертой поездки в ноябре 1930 г. Вегенер погиб на ледяном куполе Гренландии.

Теория дрейфа континентов, встреченная геологами в штыки, привела к оживленной дискуссии, незаконченной и сегодня. Однако современные открытия сложной геологической структуры дна океана, данные палеомагнетизма и представления о конвективных токах в мантии и тектонике плит возродили интерес к теории Вегенера.

Мы приводим введение к 3-му изданию его книги «Возникновение материков и океанов» (1924).

ВОЗНИКНОВЕНИЕ МАТЕРИКОВ И ОКЕАНОВ

ТЕОРИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Рассматривая противолежащие берега южной части Атлантического океана, нельзя не заметить, что береговые линии Бразилии и Африки имеют одинаковые очертания. Не только большой прямоугольный излом бразильского берега у мыса Сан-Рок имеет свое верное отражение в африканском береговом изгибе у Камеруна, но и южнее этих двух соответствующих друг другу пунктов каждому выступу Бразильского берега соответствует одинаковой формы залив на африканском берегу. Измерение циркулем на глобусе показывает, что и размеры их совпадают вполне.

Это поразительное явление сделалось исходным пунктом для создания новых представлений о природе нашей земной коры и происходящих в ней движениях; представления эти мы и обозначаем под именем теории перемещения материков, или просто теории перемещения. Название это объясняется тем, что наиболее существенно тут признание величайших горизонтальных движений, которые испытывали в течение геологических эпох, а возможно и теперь еще испытывают материковые глыбы.

По этим представлениям Южная Америка миллионы лет тому назад лежала непосредственно рядом с Африкой и даже составляла с ней вместе одну общую большую глыбу, которая лишь в меловой период раскололась на две части, которые впоследствии, подобно плавающим в воде льдинам, отодвигались все дальше и дальше одна от другой. Подобно этому и Северная Америка первоначально тесно прилегала к Европе и составляла по крайней мере на пространстве к северу от Ньюфаундленда и Ирландии вместе с Гренландией одну общую глыбу, которая лишь в конце третичного периода, а на севере даже лишь в четвертичном периоде, раскололась по разветвляющейся у Гренландии трещине, вследствие чего обе части отделились друг от друга. При этом затопленные мелким морем участки материковых глыб, шельфы, рассматриваются всегда как составные части глыб, которые на большом протяжении ограни-

чены не береговой линией, но материковым склоном, круто падающим к океанским глубинам.

Мы должны принять также, что Антарктида, Австралия и Индостан до самого начала юрского периода непосредственно прилегали к Южной Африке и составляли с ней, а также и с Южной Америкой одну общую материковую область, частично, правда, и затопленную мелким морем. Эта материковая область в течение юрского, мелового и третичного периодов раскололась по трещинам на отдельные глыбы, которые потом расползлись в разные стороны. Данные нами на рис. 1 и 2 карты земного шара для конца каменноугольного периода, эоцена и начала четвертичного периода показывают ход этого развития. Для Индостана мы имеем несколько другую картину; первоначально он был длинным, узким, большей частью, правда, покрытым мелким морем участком глыбы, соединенным с азиатским материком. После отделения Индостана, с одной стороны, от Австралии (в нижне-юрское время), а с другой — от Мадагаскара на границе между меловым и третичным периодами, это длинное связывавшее звено, вследствие продолжающегося надвигания Индостана на Азию, все более подвергалось смятию в складки и превратилось теперь в самые величественные складчатые горные цепи земного шара, в Гималаи и в остальные многочисленные горные цепи высокогорной Азии.

Точно также и в остальных странах перемещение материковых глыб находилось в причинной связи с возникновением гор. При продвижении на запад обеих Америк их передний край был смят сопротивлением древнего, глубоко-охлажденного, а потому сильно противостоящего боковому давлению дна Тихого океана в грандиозную цепь Анд, которая простирается от Аляски до Антарктиды. Совершенно также и на передней относительно движения стороне австралийской глыбы, к которой относится и отделенная от нее лишь очень мелким морем Новая Гвинея, находится молодая цепь Новогвинейских гор. До отделения Австралии от Антарктиды направление ее движения, судя по нашим картам, было иное; современный восточный берег был в то время передним краем. В то время образовалась складчатая горная цепь Новой Зеландии, находившаяся непосредственно впереди этого берега; впоследствии, когда направление движения изменилось, цепь эта отделилась в виде гирлянды и осталась позади. Еще более древнего происхождения Кордильеры Восточной Австралии; они возникли одновременно с наиболее древними складками Южной и Северной Америки, которые составляют основу Анд (Präkordillere) на переднем крае общей, еще не расколовшейся, двигавшейся, как одно целое, материковой массы.

Помимо этого движения на Запад, мы должны констатировать еще в большем размере стремление материковых глыб переместиться к экватору. В связи с этим находится образование в экваториальной зоне третичного периода громадного пояса складчатых третичных гор, начиная от Гималаев, через Альпы, до Атласа.

Только что упомянутое отделение прежней краевой цепи, а позднее гирлянды Новозеландских островов от австралийской глыбы, указывает нам, что от крупных глыб, в особенности при движении на запад, отрывались более мелкие участки и отставали от них. Таким образом отделяются в виде гирлянд краевые цепи на краю восточно-азиатского материка. Так, Малые и Большие Антильские острова остаются позади средне-американской глыбы и то же повторяется в так называемой южно-антильской дуге между Огненной Землей и западной Антарктидой. Причем все вклинивающиеся, даже заостренные в меридиональном направлении концы всех материковых глыб отгибаются вследствие отставания от главной массы глыбы к востоку, как, например, южная оконечность Гренландии, шельф Флориды, Огненная Земля, Земля Грэма или отломившийся Цейлон.

Легко подметить, что совокупность положений теории перемещений основывается на признании определенного взаимоотношения между океаническими впадинами и материковыми глыбами, причем в основу кладется представление, что они по своей природе глубоко различны. С одной стороны, мы имеем материковые глыбы, толщина которых равна приблизительно 100 километрам и которые плавают в массе иного состава и выступают из нее километров на 5, с другой — это дно морских впадин, где масса эта остается непокрытой. Следовательно, внешняя оболочка литосферы не покрывает сплошь всего земного шара; покрывала ли она когда-либо всю землю,— это предстоит решить; во всяком случае, в течение тех геологических периодов, о которых у нас имеются сведения, оболочка эта благодаря образованию складок и сжатию постоянно уменьшалась в размерах, увеличиваясь в то же время в мощности. Наконец, она все более и более распадалась на отдельные материковые глыбы, которые в настоящее время покрывают лишь около одной четверти земной поверхности. Это есть геофизическая сторона теории перемещения материков.

Подробное обоснование этих новых взглядов и составляет главное содержание предлагаемой книги. Этому предпосылаются некоторые исторические замечания.

Впервые мысль о перемещении материков пришла мне в 1910 г. под непосредственным впечатлением совпадения берегов Атлантического океана при рассмотрении мировой карты, но я тогда не остановился на ней, считая это неправдоподобным. Осенью 1911 г. я по одному сводному реферату, случайно попавшему мне в руки, познакомился с неизвестными мне до того палеонтологическими данными, свидетельствующими о существовавшей некогда связи между Бразилией и Африкой. Это побудило меня предпринять прежде всего беглый пересмотр относящегося к вопросу палеонтологического и геологического материала, причем сейчас же обнаружились столь веские подтверждения, что я пришел к твердому убеждению в правильности моих предположений. Шестого января 1912 г. я высказал эту мысль впервые в докладе, сделанном на

геологическом съезде в Франкфурте-на-Майне и озаглавленном «Построение общих форм контуров материков и океанов на основе географических данных». За этим докладом 10 января последовал второй, «Горизонтальные перемещения материков», в Обществе содействия естествознанию в Марбурге. В том же 1912 г. опубликованы были две первые работы[1]. Далее мое участие в гренландской экспедиции И. Коха 1912—1913 гг., а впоследствии военная служба помешали дальнейшей разработке этой теории. Лишь в 1915 г. мне удалось использовать мой длительный отпуск по болезни и дать сравнительно подробное изложение в работе, помещенной в серии, озаглавленной так же, как и настоящая книга,— «Sammlung Vieweg»[2]. Когда же, по окончании войны, понадобилось второе издание, то издательство было так любезно, что согласилось перенести работу из серии «Sammlung Vieweg» в серию «Wissenschaft», что дало возможность значительно ее переработать[3]. Настоящее третье издание вновь существенно переработано, потому что процесс перегруппировки подлежащего рассмотрению с точки зрения новой теории фактического материала сильно шагнул вперед, и в этой области появилась обширная новая литература.

Во время работы по пересмотру я много раз встречал у прежних авторов взгляды, совпадающие с моими. Например, общее перемещение земной коры при сохранении взаимного расположения частей признается многими авторами, как Лёффельгольц фон Кольбергом[4], Крейхгауэром[5], Эвансом и другими. Веттштейн написал примечательную книгу[6], где, наряду со многими нелепостями, все-таки дается представление о больших горизонтальных перемещениях материков. Материки, по его мнению, претерпевают не только перемещение, но и деформации; надо, однако, заметить, что при этом он совершенно не принимает во внимание шельфы. Перемещаются материки в западном направлении, побуждаемые приливными и отливными волнами, вызываемыми Солнцем в вязко-жидком земном шаре (что также признает и Шварц в «Geol. Journ.» 1912, стр. 294—299). Однако по Шварцу океаны представляют из себя опустившиеся материки; относительно так называемых географических гомологий и других проблем земного лика он высказывает фантастические взгляды, которые мы здесь не приводим. Пикеринг, как и автор

---

[1] A. W e g e n e r. «Die Entstehung der Kontinente». Peterm. Mitt. 1912, 185—195, 253—256, 305—309.

[2] A. W e g e n e r. «Die Entstehung der Kontinente und Ozeane». «Samml. Vieweg», N 23, 1915, Braunschweig.

[3] 2. Auflage. «Die Wissenschaft», N 66, 1920, Braunschweig.

[4] Carl F r e i h e r r L ö f f e l h o l z von C o l b e r g. «Die Drehung der Erdkruste in geologischen Zeiträumen», 1886, München, 2-е дополнительное издание; 1895; München.

[5] D. K r e i c h g a u e r. «Die Acquatorfrage in der Geologie», 1902, Steyl.

[6] H. W e t t s t e i n. «Die Strömungen des Festen, Flüssigen und Gasförmigen und ihre Bedeutung für Geologie, Astronomie, Klimatologie und Meteorologie», 1880, Zürich.

предлагаемой книги, исходя из совпадения в направлениях южных берегов Атлантического океана, в одной работе [1] высказывает предположение, что Америка была оторвана от Европы — Африки и перемещена на расстояние ширины Атлантического океана; Пикеринг, однако, не принял во внимание, что геологическая история обоих материков заставляет нас считать их связанными вплоть до мелового периода, и отнес эту связь к самым отдаленным временам; разрыв, по его мнению, связан был с принимаемым Дарвином отделением от Земли массы Луны [2], следы чего он думает еще видеть в тихоокеанских впадинах. Иначе подходит к кругу представлений теории перемещений Тэйлор. В одной работе, появившейся только в 1910 г. [3], он признает для третичного периода значительные горизонтальные перемещения некоторых материков, связывая их с образованием системы грандиозных третичных складок. Так, например, по вопросу об отделении Гренландии от Сев. Америки он проходит практически к тем же выводам, как и теория перемещения. Атлантический океан, по его мнению, во всяком случае только частью образовался вследствие отхождения американской материковой глыбы, тогда как остальная часть опустилась и образует среднеатлантический вал. Как и Крейхгауэр, он считает, что тенденция материков удаляться от полюса определяет расположение больших горных цепей, тогда как перемещению материковых глыб при этом принадлежит лишь подчиненная роль, и оно обосновывается им очень кратко.

Как упоминалось выше, со всеми этими работами я познакомился впервые тогда, когда теория перемещения у меня в главных чертах уже сложилась, а с некоторыми даже и значительно позже. Не исключена возможность, что со временем мне станут известны другие работы, в которых содержатся положения, близкие к теории перемещения или даже обосновывающие тот или другой пункт ее. Историческое исследование этого вопроса еще не предпринято и настоящей книгой не предусматривается.

---

[1] The Fourn. of Geol., 1907, 13, N 1; см. также Gaea, 1907, 43, 385.

[2] Эта излюбленная многими геологами мысль Дарвина есть чистая гипотеза. Шварцшильдом, Ляпуновым, Рудзским, Сеи и другими она считается неверной. Мои личные взгляды на происхождение Луны совершенно иные, и с ними можно ознакомиться в моей работе: «Die Entstehung der Mondkrater» (Samml. Vieweg, № 55, S. 48, Braunschweig, 1921).

[3] F. B. Taylor. «Bearing of the tertiary mountain belt on the origion of the earth's plan». Bul. Geol. Soc. Am. 21 (2), 176—226, июнь 1910.



ЦИОЛКОВСКИЙ

(1857—1935)

Константин Эдуардович Циолковский родился в семье лесничего в -б. Рязанской губернии. Первые годы детства Константина Эдуардовича были счастливыми, но девяти лет, после скарлатины, он оглох. Циолковский вынужден был оставить школу, и все свои знания в дальнейшем он получил путем самообразования. Значительное влияние на Циолковского оказал библиотекарь Румянцевского музея Н. Ф. Федоров, автор «Философии общего дела» (1903). Осенью 1879 г. Циолковский экстерном сдал экзамен на звание учителя народных училищ и вскоре получил место учителя арифметики и геометрии в Боровске Калужской губернии. Затем он переезжает в Калугу, где прошла вся его дальнейшая жизнь. Там Циолковский в скромной домашней лаборатории проводил свои опыты; там же он и умер.

Круг интересов Циолковского был очень широк. За работу «Механика животного организма» он был избран членом Русского физико-химического общества. Однако, не имея систематического образования, он часто приходил к результатам, уже известным в науке. Вместе с тем, именно это обстоятельство привело и к большой оригинальности ряда идей Циолковского. В 1903 г. Циолковский опубликовал свои «Исследования мировых пространств реактивными приборами».

Мы приводим предисловие к послереволюционному (1926 г) изданию этой удивительной работы. По словам академика С. П. Королева, эти исследования определили его жизненный и научный путь — путь замечательного конструктора советских ракетно-космических систем.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИРОВЫХ ПРОСТРАНСТВ РЕАКТИВНЫМИ ПРИБОРАМИ

Стремление к космическим путешествиям заложено во мне известным фантазером Ж. Верном. Он пробудил работу мозга в этом направлении. Явились желания. За желаниями возникла деятельность ума. Конечно, она ни к чему бы не повела, если бы не встретила помощь со стороны науки.

Еще с юных лет я нашел путь к космическим полетам. Это — центробежная сила и быстрое движение (см. мои «Грезы о Земле и небе», 1895 г.). Центробежная сила уравновешивает тяжесть и сводит ее к нулю. Быстрое движение поднимает тела к небесам и уносит их тем дальше, чем скорость больше. Вычисления могли указать мне и те скорости, которые необходимы для освобождения от земной тяжести и достижения планет. Но как их получить? Вот вопрос, который всю жизнь меня мучил и только с 1896 г. был мною определенно намечен как наиболее осуществимый.

Долго на ракету я смотрел, как все: с точки зрения увеселений и маленьких применений. Она даже никогда меня не интересовала в качестве игрушки. Между тем как многие с незапамятных времен смотрели на ракету как на один из способов воздухоплавания. Покопавшись в истории, мы найдем множество изобретателей такого рода. Таковы Кибальчич и Федоров. Иногда одни только старинные рисунки дают понятие о желании применить ракету к воздухоплаванию.

В 1896 г. я выписал книжку А. П. Федорова «Новый принцип воздухоплавания» (Петроград, 1896). Мне показалась она неясной (так как расчетов никаких не дано). А в таких случаях я принимаюсь за вычисления самостоятельно — с азов. Вот начало моих теоретических изысканий о возможности применения реактивных приборов к космическим путешествиям. Никто не упоминал до меня о книжке Федорова. Она мне ничего не дала, но все же она толкнула меня к серьезным работам, как упавшее яблоко к открытию Ньютоном тяготения.

Очень возможно, что имеется и еще много более серьезных работ о ракете, мне неизвестных, изданных очень давно. В этом же году после многих вычислений я написал повесть «Вне Земли», которая потом была помещена в журнале «Природа и люди» и даже издана особой книгой (1920 г.).

Старый листок с окончательными формулами, случайно сохранившийся, помечен датою 25 августа 1898 г. Но из предыдущего очевидно, что теорией ракеты я занимался ранее этого времени, именно с 1896 г.

Никогда я не претендовал на полное решение вопроса. Сначала неизбежно идут: мысль, фантазия, сказка. За ними шествует научный расчет. И уже в конце концов исполнение венчает мысль. Мои работы о космических путешествиях относятся к средней фазе творчества. Более чем кто-нибудь, я понимаю бездну, разделяющую идею от ее осуществления, так как в течение моей жизни я не только мыслил и вычислял, но и исполнял, работая также руками.

Однако нельзя не быть идее: исполнению предшествует мысль, точному расчету — фантазия.

Вот что написал я М. Филиппову, редактору «Научного обозрения», перед тем как послать ему свою тетрадь (издана в 1903 г.): «Я разработал некоторые стороны вопроса о поднятии в пространство с помощью реактивного прибора, подобного ракете. Математические выводы, основанные на научных данных и много раз проверенные, указывают на возможность с помощью таких приборов подниматься в небесное пространство и, может быть, обосновывать поселения за пределами земной атмосферы. Пройдут, вероятно, сотни лет, прежде чем высказанные мною мысли найдут применение и люди воспользуются ими, чтобы расселяться не только по лицу Земли, но и по лицу всей Вселенной.

Почти вся энергия Солнца пропадает в настоящее время бесполезно для человечества, ибо Земля получает в два (точнее, в 2,23) миллиарда раз меньше, чем испускает Солнце.

Что странного в идее воспользоваться этой энергией! Что странного в мысли овладеть и окружающим земной шар беспредельным пространством...»

Все знают, как невообразимо велика, как безгранична Вселенная. Все знают, что и вся солнечная система с сотнями своих планет есть точка в Млечном пути. И самый Млечный путь есть точка по отношению к эфирному острову. Последний же есть точка в мире.

Проникни люди в солнечную систему, распоряжайся в ней, как хозяйка в доме: раскроются ли тогда тайны Вселенной? Нисколько! Как осмотр какого-нибудь камешка или раковины не раскроют еще тайны океана... Если бы даже человечество овладело другим солнцем, исследовало весь Млечный путь, эти миллиарды солнц, эти сотни миллиардов планет, то и тогда мы сказали бы то же.

Вся известная нам Вселенная только нуль и все наши познания, настоящие и будущие, ничто в сравнении с тем, что мы никогда не будем знать.

Но как жалок человек в своих заблуждениях! Давно ли было время, когда поднятие на воздух считалось кощунственным покушением и каралось казнью, когда рассуждение о вращении Земли наказывалось сожжением. Неужели и теперь суждено людям впадать в ошибки такого же сорта!

Напечатанные ранее мои труды достать довольно трудно. Поэтому я тут в своем издании соединяю прошлые работы со своими позднейшими достижениями.



ВЕРНАДСКИЙ

(1863—1945)

Владимир Иванович Вернадский родился в Петербурге в семье профессора экономики и статистики И. В. Вернадского. В 1885 г. Владимир Иванович окончил Петербурский университет, где преподавали тогда Менделеев, Сеченов, Докучаев, которого Вернадский считал своим учителем. Именно в почвоведении, науке, созданной Докучаевым на стыке биологии, химии и минералогии почвы, следует видеть истоки научных интересов, ставших основными и в научной жизни Вернадского. В 1886 г. он стал хранителем Минералогического музея при университете. Магистерскую диссертацию Вернадский защитил в 1891 г., а через шесть лет получил степень доктора геогнозии. В 1898 г. Вернадский стал профессором минералогии и кристаллографии Московского университета; однако в 1911 г. вместе со ста крупнейшими учеными и преподавателями университета он подает в отставку в знак протеста против реакционной политики министра просвещения Кассо. С 1914 г. Вернадский — директор Геологического и минералогического музея Академии наук, членом которой он стал еще в 1906 г. Во время первой мировой войны Вернадский явился одним из инициаторов создания Комиссии по изучению естественных производительных сил России (КЕПС).

После Октябрьской революции роль Вернадского как организатора науки стала особенно велика. По его проекту была образована Украинская Академия наук, и он стал ее первым президентом. В 1922 г. он организовал Радиевый институт, директором которого был семнадцать лет. В 1923—1926 гг. Вернадский находился за границей, главным образом в Париже и Праге. Вскоре после Октябрьской революции была восстановлена КЕПС, эту комиссию он возглавлял в течение многих лет. По его инициативе был образован ряд научных учреждений, комитетов и комиссий Академии наук СССР. Вернадский умер в Москве незадолго до окончания Великой Отечественной войны.

Вернадский наиболее известен своими минералогическими работами, и именно общие проблемы минералогии и геологии привели его к концепциям биогеохимии. Вернадский был одним из естествоиспытателей, чьи идеи и работы охватывали исключительно широкий круг вопросов в попытке построения синтетической картины мира. Он раньше многих оценил значение открытий современной физики для наук о Земле и жизни. Ему принадлежат понятия биосферы и ноосферы — области действия жизни на Земле и разума человека. В современной проблеме взаимодействия человека и природы, в проблеме экологии в условиях индустриального развития, мы в первую очередь обращаемся к Вернадскому. Он предвидел огромное значение, которое приобретает наука в социалистическом обществе, и это привело его к интересному анализу истории науки и философии естествознания.

Мы приводим предисловия Вернадского к «Биосфере» и ко второму изданию (1934) его «Очерков геохимии», впервые опубликованных в 1926 г.

БИОСФЕРА

Среди огромной геологической литературы отсутствует связный очерк биосферы, рассматриваемый как единое целое, как закономерное проявление механизма планеты, ее верхней области — земной коры.

Сама закономерность ее существования обычно оставляется без внимания. Жизнь рассматривается как случайное явление на Земле, а в связи с этим исчезает из нашего научного кругозора на каждом шагу проявляющееся влияние живого на ход земных процессов, не случайное развитие жизни на Земле и не случайное образование на поверхности планеты, на ее границе с космической средой, особой охваченной жизнью оболочки — *биосферы.*

Такое состояние геологических знаний теснейшим образом связано с своеобразным, исторически сложившимся представлением о геологических явлениях как о совокупности проявления мелких причин, *клубка случайностей.* Из научного сознания исчезает представление о геологических явлениях как о явлениях *планетных*, свойственных в своих законностях не только одной нашей Земле, и о строении Земли как о согласованном

в своих частях *механизме*, изучение частностей которого должно идти в теснейшей связи с представлением о нем как о целом.

В общем в геологии, в явлениях, связанных с жизнью, изучаются частности. Изучение отвечающего им *механизма* не ставится как задача научного исследования. И когда она не ставится и ее существование не создается, исследователь неизбежно проходит мимо ее проявлений, окружающих нас на каждом шагу.

В этих очерках автор пытается иначе посмотреть на геологическое значение явлений жизни.

Он не делает никаких гипотез. Он пытается стоять на прочной и незыблемой почве — на эмпирических обобщениях. Он, основываясь на точных и бесспорных фактах, пытается *описать* геологическое проявление жизни, дать картину совершающегося вокруг нас планетного процесса.

При этом, однако, он оставил в стороне *три предвзятых идеи*, исторически выясненное проникновение которых в геологическую мысль кажется ему противоречащим существующим в науке эмпирическим обобщениям, этим основным достижениям естествоиспытателя.

Одна из них — это указанная выше идея о геологических явлениях как о *случайных совпадениях причин*, или слепых по самому существу своему, или кажущихся такими по их сложности и множественности, не разложимых в данную эпоху научной мыслью.

Это обычное в науке предвзятое представление только отчасти связано с определенным философско-религиозным миропониманием; главным образом оно является следствием неполного логического анализа основ эмпирического значения.

Другие распространенные в геологической работе предвзятые идеи кажутся автору всецело связанными с чуждыми эмпирической основе науки, вошедшими в нее извне построениями. С одной стороны, принимается логически неизбежным существование *начала жизни*, ее возникновение в ту или в другую стадию геологического прошлого Земли. Эти идеи вошли в науку из религиозно-философских исканий. С другой стороны, считается логически непреложным отражение в геологических явлениях *догеологических стадий развития планеты*, имевшей облик, резко отличный от того, какой подлежит нашему научному исследованию. В частности, считается непреложным былое существование огненно-жидкой или горячей газообразной стадии Земли. Эти представления вошли в геологию из области философских, в частности космогонических, интуиций и исканий.

Автор считает логическую обязательность следствий из этих идей иллюзией и принятие во внимание этих следствий и текущей геологической работы в данный момент развития геологии вредным, тормозящим и ограничивающим научную работу обстоятельством.

Не предрешая существования *механизма планеты*, согласованного в единое целое бытия ее частей, он пытается, однако, охватить с этой точки зрения имеющуюся эмпирически научно установленную сово-

купность фактов, и видит, что при таком охвате геологическое отражение жизни вполне отвечает такому представлению. Ему кажется, что существование планетного механизма, в который входит как определенная составная часть жизни и, в частности, область ее проявления — биосфера, отвечает всему имеющемуся эмпирическому материалу, неизбежно вытекает из его научного анализа.

Не считая логически обязательным допущение начала жизни и отражения в геологических явлениях космических стадий планеты, в частности существования для нее когда-то огненно-жидкого или газообразного состояния, автор выбрасывает их из своего круга зрения. И он, не находя никакого следа их проявления в доступном изучению эмпирическом материале, полагает возможным поэтому считать эти представления ненужными надстройками, чуждыми имеющимся крупным и прочным эмпирическим обобщениям. В дальнейшем анализе этих обобщений и связанном с ними теоретическом синтезе следует оставить в стороне эти в них не находящие опоры философские и космогонические гипотезы. Надо искать новых.

Печатаемые два очерка — «Биосфера в космосе» и «Область жизни» — независимы друг от друга, но тесно связаны между собой указанной выше общей точкой зрения. Необходимость их обработки выявилась для автора во время работы над явлениями жизни в биосфере, которую он ведет неуклонно с 1917 г.

Прага, Февраль 1926.

ОЧЕРКИ ГЕОХИМИИ

Мы живем на повороте в удивительную эпоху истории человечества. События чрезвычайной важности и глубины совершаются в области человеческой мысли.

Основы наших взглядов на «Вселенную», на «Природу» — на то «Единое целое», о котором так много говорили в XVIII в. и в течение первой половины XIX столетия, преображаются на наших глазах с небывалой быстротой.

Не одни теории и научные гипотезы — эти мимолетные создания разума, — но и точно установленные новые эмпирические факты и обобщения исключительной ценности заставляют нас переделывать и перестраивать картину природы, которая оставалась нетронутой и почти неизменной в течение нескольких поколений ученых и мыслителей.

Новые взгляды на мир, в сущности углубленное обновление веками сложившихся старинных представлений об окружающей среде и о нас самих, захватывают нас с каждым днем все больше и больше. Они неуклонно проникают все дальше и глубже в область отдельных наук, в поле научной работы. Эти новые воззрения касаются не только окружающей нас косной природы; они захватывают так же глубоко и яв-

ления жизни, они глубоко изменяют наши представления в областях знания, которые нам наиболее близки и часто нам кажутся наиболее важными. Можно сказать, что никогда в истории человеческой мысли идея и чувство единого целого, причинной связи всех научно наблюдаемых явлений не имели той глубины, остроты и ясности, какой они достигли сейчас, в XX столетии. Изучение изменения, происшедшего и происходящего в идеях и в понятиях, заставляет нас думать, что мы еще очень далеки от конечного результата и едва различаем направление, по которому пошло новое научное творчество.

Это мы должны учитывать при оценке новых пониманий атома и химического элемента, проникающих в нашу современную науку. Они слагаются среди неустановившейся, изменяющейся, все еще мало нам известной картины космоса. Атомы и элементы — древние интуиции античной мысли — непрерывно меняют в этой новой, все еще полной противоречий, обстановке свой облик и приобретают новые формы.

Каждый химический элемент отвечает для нас особому атому или атомам, определенно точно отличным по своему строению от других атомов, соответствующих другим химическим элементам. Атом науки XX в. не есть атом древних мыслителей — эллинов и индусов — или мусульманских мистиков средних веков и ученых нашей цивилизации последних четырех столетий. Это совершенно новое представление, новое понятие. И если исторически корни современных понятий могут быть сведены к атомам и к элементам древней науки и философии, изменения, которые они претерпевали, так велики, что от старого остались одни лишь названия. Все изменилось коренным образом.

Может быть, было бы правильнее дать «атому» XX в. новое название. Это можно было бы сделать без всякого ущерба для исторической правды.

Наш атом совершенно не похож на материю, которую он образует. Законы, к нему относящиеся, не тождественны с законами образованной им материи. В материи, в ее химических и физических свойствах мы наблюдаем лишь общие, статистические проявления больших совокупностей атомов, которые выявляют в смутной и сложной форме лишь часть, кажущуюся ничтожной, свойств самого атома и его внутреннего строения.

Глубока грань, разделяющая научное построение окружающего нас мира и нас самих в том их проявлении, которое обусловливается нашими органами чувств (макроскопический разрез космоса), от того научно построяемого космоса, где царит атом (микроскопический разрез космоса). Основные физические представления, как и методика научного мышления, претерпевают в этих проявлениях коренное изменение. Понятие физической причинности резко меняется, углубляется путем разрушения вековых о нем представлений, как только мы научно проникаем в мир атомов. Третий разрез космоса сейчас вырисовывается благодаря успехам астрономических наблюдений и исканий XX в.— мир пространства-времени в его научном охвате большими величинами, несоизмеримыми, как и атомный мир, с данными наших органов чувств.

Эти три представления о мире, о реальности, научно охватываемой,— три «неоднородных пласта реальности»— не согласованы. Все находится в подвижном созидании — научном и философском.

Атом и химический элемент, с ним связанный, проникают во все три формы миропредставления. Кажется очень правдоподобным, что при попытках дальнейшего обобщения получит большое значение то течение научного синтеза, которое выдвинул в середине XVIII в. великий сербо-хорватский мыслитель Руджиеро Боскович (1711—1787) и которое сейчас все больше обращает на себя внимание.

Но атом не есть бесформенный и бесструктурный «центр сил», в закономерной совокупности которых мыслил материю и мироздание Боскович.

История этого течения мысли, по-видимому, намечающего путь научной мысли будущего и им чреватого, еще не написана. Другой великий натуралист, современник Босковича, шотландец Джеймс Геттон (1726—1797) одновременно и независимо подходил к тому же миропредставлению, создавая основы современной геологии.

Единого целого научного миропредставления еще нет.

Но бесчисленные новые факты, проявляющие строение реальности, природы, во всех ее разрезах, неуклонно сводят нашу мысль в ее наибольшем углублении к миру атомов и еще дальше — к строящим атомы мельчайшим индивидам, реальным единицам пространства-времени.

Факты вызвали создание новых научных дисциплин, отличных от прежних, изучавших материю — совокупность бесчисленных атомов — под статистическим углом зрения.

И мы в XX столетии являемся свидетелями расцвета этого рода новых наук — наук об индивидуальных атомах — физики атомов, радиологии, радиохимии и последней выявившейся — геохимии, небольшой части астрофизики.

Геохимия научно изучает химические элементы, т. е. атомы земной коры и насколько возможно — всей планеты. Она изучает их историю, их распределение и движение в пространстве-времени, их генетические на нашей планете соотношения. Она резко отличается от минералогии, изучающей в том же пространстве и в том же времени историю Земли лишь историю соединений атомов — молекул и кристаллов. В этой строго ограниченной земной планетной области геохимия открывает те же явления и законы, существование которых мы могли до сих пор только предчувствовать в безграничных областях небесных пространств. Для нас в настоящее время очевидно, что химические элементы не распределены в беспорядке в сгущениях материи этих пространств, в туманностях, звездах, планетах, атомных облаках, космической пыли. Их распределение зависит от строения их атомов.

Есть атомная геометрия пространства-времени, выражаемая в истории и распределении атомов — на всем протяжении и на всем делении космоса — в крупном и в мелком — в строении космической туманности или мельчайшего организма.

Одни и те же законы господствуют как в великих небесных светилах и в планетных системах, так и в мельчайших молекулах, быть может, даже в еще более ограниченном пространстве отдельных атомов.

Более двух с половиной веков назад один из крупнейших ученых, голландец Х. Гюйгенс (1629—1695) выяснил неизбежность тождественности материи и сил Вселенной и проявлений жизни на всем ее протяжении. Тождественность материи и сил вытекала из законов тяготения его современника И. Ньютона. Она охватывала и картезианскую философию, которая господствовала в умах физиков и на десятки лет — до 1730—1740 гг.— задержала понимание научных открытий и научных обобщений Ньютона (1676). XVII век внес окончательно в научно-философское понимание вселенной от времени до времени проявлявшееся в течение столетий представление о единстве, выражаясь современным языком, материи и энергии на всем протяжении космоса, пространства-времени. Но Гюйгенс был одним из немногих, который ясно выразил и неизбежное отсюда следствие единства в космическом аспекте изучаемой нами в биосфере жизни.

Через 150 лет после Гюйгенса англичанин В. Гюггинс установил путем научного опыта и наблюдения спектральным анализом тождественность химических элементов, т. е. атомов, для звездных миров с их земным проявлением. Творческий взрыв идей, который мы переживаем, не расшатал этого основного положения. Он выразил его в новом понятии о тождественности основных элементов, электронов, нейтронов и протонов, выявляющихся сейчас положительных электронов (позитронов), из которых построены атомы, т. е. химические элементы, и о генетической — хотя и сложной — связи, существующей между атомами различного строения.

Изучая законы и правильности истории элементов нашей планеты, изучая строения земных атомов, мы изучаем тем самым законности мельчайших пространств и мельчайших мгновений, неразрывно связанных с великим целым космоса. Между ними существуют глубокие аналогии и даже нечто большее, чем аналогии.

Протоны, электроны, нейтроны, позитроны, фотоны, кванты охватывают все пространство-время, все три разреза космоса. Они же строят и охватывают атомы. Но химические проявления атомов, изучаемые в геохимии, являются только небольшой частью связанных с этими основными элементами космоса явлений.

Химия космоса и геохимия — атомная химия планеты в пространстве-времени космоса — являются небольшой, хотя и важной чертой в изучаемой наукой реальности.

Но надо помнить и сейчас же отметить, что не химические явления и не химические свойства атомов (химические элементы) определяют материальный субстрат пространства-времени, составляют преобладающую массу, выявляемую при изучении реальности.



ХАББЛ

(1889—1953)

Эдвин Пауэлл Хаббл родился в г. Маршфилд, штат Миссури, США. Он окончил сначала Чикагский, а затем Оксфордский университет, где изучал право. Однако Хаббл с юности увлекался астрономией и, оставив юриспруденцию, поступил наблюдателем в Иерксскую обсерваторию. После недолгого участия в военных действиях во время первой мировой войны Хаббл вернулся в Америку и стал сотрудником знаменитой обсерватории Маунт Вильсон. В штате Вашингтон прошла затем вся жизнь Хаббла.

Хаббл впервые показал, что далекие туманности — это скопления звезд, используя связь между светимостью и периодом переменных звезд, он определил расстояния до внегалактических объектов. Лучевую скорость их движения можно было определить по смещению линий спектра туманностей, и на основании своих наблюдений в 1929 г. Хаббл пришел к выводу, что внегалактические туманности удаляются от наблюдателя со скоростью, пропорциональной расстоянию до них. Следовательно, можно было думать, что некогда вся материя Вселенной была сосредоточена в существенно меньшем объеме, чем сейчас. Красное смещение и его интерпретация как эффекта Допплера при разбегании галактик нашли свое объяснение в модели расширяю-

щейся Вселенной, предложенной в 1922 г. советским физиком и математиком А. А. Фридманом, который впервые дал нестационарные решения уравнений общей теории относительности Эйнштейна.

Первоначальные оптические наблюдения Хаббла зондировали Вселенную на расстояниях 500 млн. световых лет. В дальнейшем радиоастрономические методы раздвинули пределы доступного нам мира еще дальше и подтвердили закономерности, обнаруженные Хабблом, для расстояний порядка миллиардов световых лет.

Мы приводим предисловие к книге Хаббла «Наблюдательный подход к космологии» (1937).

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ ПОДХОД К КОСМОЛОГИИ

Эта книга основана на лекциях памяти Родса, читанных в Оксфорде осенью 1936 г. под общим заглавием: «Наблюдательный подход к космологии».

Наблюдаемая часть пространства — та область, которая доступна существующим инструментам, может рассматриваться как пробный участок Вселенной. Если этот образец выбран удачно, то его наблюдаемые свойства могут дать важные сведения о мире в целом. В этих лекциях рассмотрены те сведения, которыми мы сейчас располагаем, и обсуждается природа тех заключений, которые из них следуют.

Однако в эти свойства входит явление красного смещения, значение которого все еще не вполне ясно. Возможны различные объяснения этого явления, и хотя они вносят лишь небольшую разницу в представление картины наблюдаемых областей, эти различия приводят к совершенно разным концепциям относительно самой Вселенной. В настоящее время одна из концепций кажется менее возможной чем другая, однако в этом сомнительном мире расширяющаяся Вселенная релятивистской космологии получается как более вероятная из двух возможных интерпретаций красного смещения. Таким образом, обсуждение результатов приводит нас к дилемме и ее разрешение может быть найдено только в улучшенных наблюдениях или улучшенной теории или в развитии и того и другого.

Однако значение наблюдений заключено не в том, что на их основе пока невозможно получить единственное решение проблемы строения Вселенной, а в том, что такая попытка вообще теперь возможна. Всего лишь пятнадцать лет тому назад доступная наблюдению область была ограничена нашей звездной системой — системой Млечного пути. С тех пор с помощью больших отражательных телескопов туманности отождествлены, как независимые звездные системы, как истинные обитатели пространства. Исследования, опирающиеся на туманности как на великие вехи, вынесли нас за пределы Млечного пути к самым границам, до-

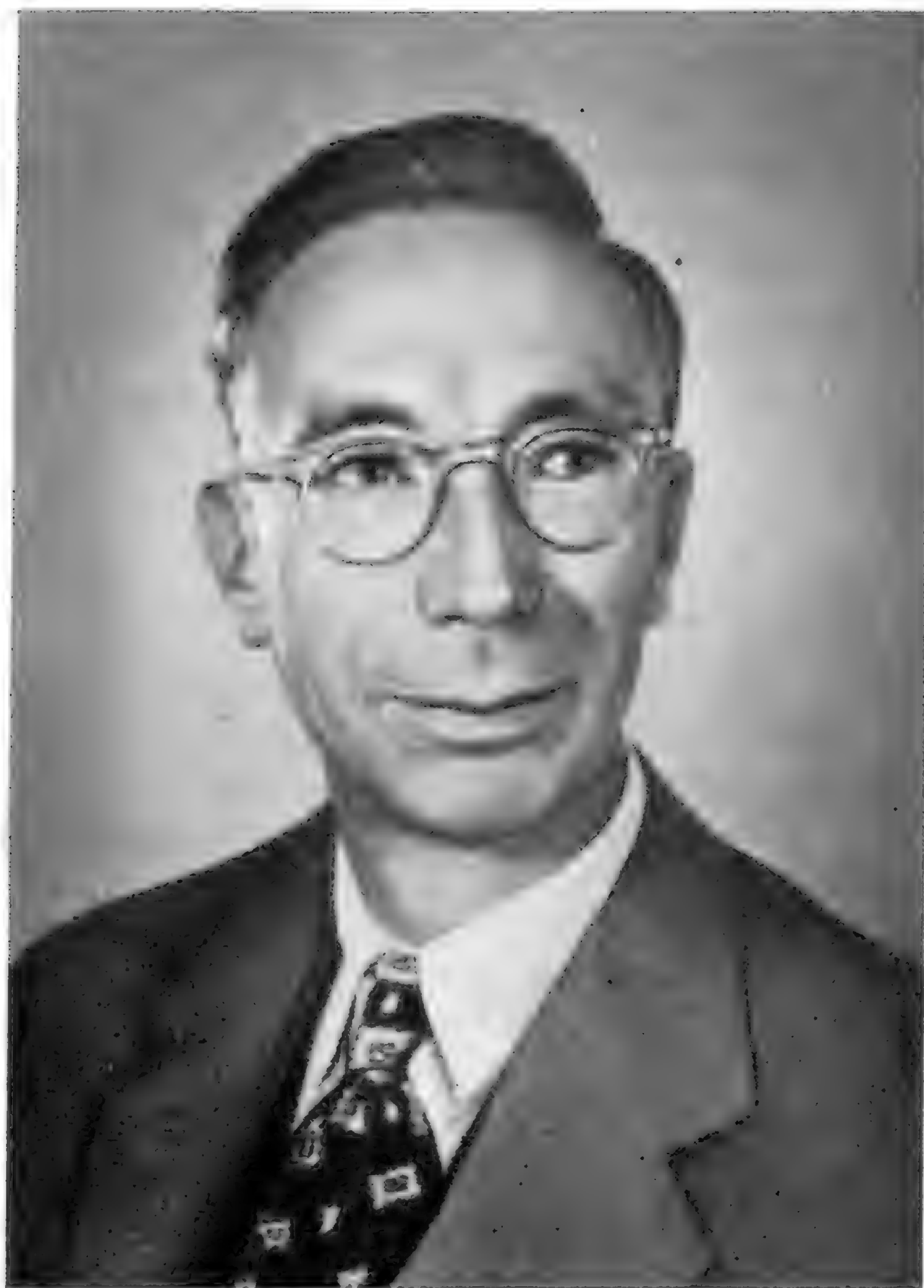
ступным существующим инструментам. Область наблюдений, наша проба Вселенной, внезапно была увеличена в миллионы, миллионы раз. Теперь впервые этот образец мира будет полнее отображать действительность.

Прорыв во внегалактическое пространство и предварительная разведка областей, доступных наблюдению, была описана в книге «Мир туманностей», недавно вышедшей в издательстве Йельского университета. Данные лекции памяти Родса стали следующими звеньями в ряде сообщений. Здесь представлены результаты более точных обследований, которые следуют за первой разведкой и потому они дают более существенные данные для космологии. Так как новые сведения не могут обсуждаться отдельно от старых, было необходимо включить в эту книгу данные из более ранних наблюдений. Я с удовольствием выражаю свою благодарность издательству Йельского университета за использование материалов из «Мира туманностей».

Несмотря на то, что все рассматривается нами с точки зрения наблюдательной, сам предмет необходимым образом связан с космологической теорией. К счастью, автор находился в тесном общении с Ричардом Толменом из Калифорнийского технологического института, который представил теорию в виде, особенно удобном для использования при ограниченных возможностях наблюдений. Однако любые ошибки в применении теории следует отнести за счет неправильного следования его дружеским советам.

Иллюстрации воспроизводят фотографии, сделанные тем телескопом, который наиболее ответствен за новое развитие области исследований туманностей, а именно 100-дюймовым рефлектором обсерватории Маунт Вильсон Института Карнеги в штате Вашингтон.

Обсерватория Маунт Вильсон,
Институт Карнеги, штат Вашингтон



ПОЗИ

(1908—1960)

Джозеф Лейн Пози родился в Австралии. Он окончил Мельбурнский университет. Степень доктора физики он получил в Кембридже в Кавендишской лаборатории за исследования по радиофизике и распространению радиоволн.

Во время второй мировой войны Пози вернулся в Австралию, где он возглавил работы в области радиолокации и ее оборонных применений. После войны он один из первых понял те большие возможности, которые открывают радиофизические методы в астрономии, и последующее блестящее развитие радиоастрономии в Австралии в значительной мере обязано предвидению, энтузиазму и организаторской деятельности Пози. На протяжении последних десятилетий именно радиоастрономия дала нам наиболее интересные открытия в области познания Вселенной.

Мы приводим предисловие к первой в мировой литературе монографии «Радиоастрономия», написанной Пози вместе с его сотрудником Брейсуэллом.

РАДИОАСТРОНОМИЯ

Предисловие

Радиоастрономия — совершенно новая отрасль науки, возникшая на основе открытия радиоволн, доходящих до Земли из мирового пространства. Включая в себя астрономию, радиотехнику и некоторые вопросы теоретической электродинамики, радиоастрономия представляет специальный интерес для астрономов, радиоинженеров и радиофизиков. В то же время для широкого круга научных работников она привлекательна как новая развивающаяся область науки. Однако ею интересуются не только ученые. Сочетание астрономии и новых открытий вызывает широкий и захватывающий интерес к радиоастрономии.

В этой книге мы должны были удовлетворить запросам и тех, кто знает астрономию, но не знает радиотехники и радиофизики, и тех, кто знает радиотехнику, но мало знаком с астрономией. Поэтому мы попытались сделать ее доступной любому читателю, знающему основы физики. Всюду в книге мы концентрировали внимание на выявлении физической сущности обсуждаемых вопросов.

Вскоре после пионерской работы Герца в области радиофизики появились гипотезы о возможном существовании радиоволн солнечного происхождения. Например, в 1893 г. в «Astronomy and Astrophysics» Х. Эберт писал о возможности возникновения радиоволн при электромагнитных возмущениях в солнечной короне. А несколькими годами позднее сэр Оливер Лодж одним из первых безуспешно пытался обнаружить такое излучение. Но время для этого открытия тогда еще не пришло, так как радиотехника тех лет безнадежно не соответствовала поставленной задаче. К 1920 г., когда соответствующая техника впервые стала доступной, идея обнаружения солнечного радиоизлучения была забыта.

История радиоастрономии начинается с 1931—1932 гг., когда впервые при открытии радиоволн из внеземного пространства сочетались наблюдения и их теоретическая интерпретация. Мы излагаем эту историю до середины 1952 г. с отдельными более поздними дополнениями, когда эти последние помогли окончательному пониманию вопроса. За эти двадцать с лишним лет радиоастрономия достигла зрелости и получила всеобщее признание, как одна из существенных отраслей астрономии.

Эта книга написана в Радиофизической лаборатории Государственной организации научных и промышленных исследований (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) в атмосфере интенсивных исследований и открытий в области радиоастрономии. Создание монографии стимулировалось тем, что мы хотели дать общее изложение предмета, различные аспекты которого развивались одновремен-

но. Мы хотим выразить благодарность нашим коллегам за ту большую помощь, которую мы получили, в особенности Дж. Г. Болтону, У. Н. Кристиансену, Р. Д. Дейвису, Дж. Керру, Б. И. Миллсу, Х. К. Миннетту, Дж. Х. Пиддингтону, Дж. А. Робертсу, К. А. Шейну, С. Ф. Смерду и Дж. П. Уайлду. Мы также очень признательны профессору К. У. Аллену за просмотр главы о физике Солнца и профессору Л. Г. Х. Хаксли за просмотр главы о метеорах.

Как книга, так и исследования по астрономии, выполненные в Радиофизической лаборатории, обязаны проведению фундаментальных и прикладных исследований в лабораториях CSIRO и, в частности, поддержке, оказанной д-ром Ф. У. Г. Уайтом, президентом CSIRO, а также одобрению и помощи со стороны заведующего отделом радиофизики д-ра Э. Г. Боуэна.

Сидней, Австралия
Июль 1954 г.

IX. МАТЕМАТИКА



ГАУСС

(1777—1855)

Карл Фридрих Гаусс родился в Брауншвейге, в средней Германии; отец его был водопроводчиком. Необыкновенные способности сына проявились рано: в отличие от большинства математиков молодой Гаусс блестяще владел устным счетом. Он учился сначала в Брауншвейге, в Карловой школе, преобразованной впоследствии в Политехнический институт. Гаусс самостоятельно изучил труды Ньютона, Эйлера, Лагранжа. Когда Гауссу было 18 лет, он перешел в Геттингенский университет, и последующее десятилетие было, быть может, наиболее плодотворным в его жизни.

К этому времени относятся замечательные работы Гаусса в области арифметики и геометрии. Уже тогда он допускал возможность иной геометрии, чем эвклидова; однако по этому вопросу он ничего не публиковал. Его результаты в области теории чисел были опубликованы лишь в 1801 г. в «Арифметических исследованиях», в этой, по мнению многих, одной из самых замечательных математических книг. В 1807 г. Гаусс получил кафедру математики и астрономии и пост директора обсерватории в Геттингене, где он работал и прожил практически безвыездно до конца жизни.

Круг работ Гаусса очень широк. В области небесной механики он создал методы расчета орбит планет по малому числу наблюдений, первым результатом которых бы-

ло обнаружение потерянного астероида Цереры, открытого в 1801 г. В течение многих лет Гаусс был советником правительств Ганновера и Дании по вопросам картографии. Работы по геодезии привели его к важнейшим результатам в области дифференциальной геометрии и теории поверхностей. Гаусс был прекрасным наблюдателем. Совместно с Вебером Гаусс предпринял цикл абсолютных измерений электрических и магнитных единиц, а также систематические измерения элементов магнитного поля, приведшие при их обработке к важным результатам в теории потенциала. Созданные им способы обработки измерений лежат в основе современных методов статистической теории ошибок.

Гаусс обладал колоссальной работоспособностью; но он не спешил с публикацией своих работ. Многие результаты, полученные Бесселем, Гамильтоном, Абелем, Якоби, Коши, были затем обнаружены в записках и письмах Гаусса, при публикации 12 томов его полного собрания сочинений. Для Гаусса математика была единой, и он, так же как Эйлер, не проводил резкой границы между чистой и прикладной математикой. Однако, в отличие от Эйлера, работы Гаусса написаны так, что подходы к задаче, развитие идеи ее решения ускользают от читателя, отражая, быть может, его скрытный и замкнутый характер. Гаусс более всего был заинтересован в решении определенных проблем; обоснование анализа, предпринятое в ту пору Коши, его мало беспокоило.

Ниже мы приводим предисловие к «Арифметическим исследованиям» (1801).

АРИФМЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Содержащиеся в этом сочинении исследования относятся к той части математики, которая имеет дело с целыми числами, в то время как дробные числа остаются вне рассмотрения в большинстве случаев, а мнимые — всегда. Так называемый неопределенный или диофантов анализ, представляющий собой учение о том, как из бесконечного числа решений, удовлетворяющих неопределенному уравнению, выбрать те, которые являются целочисленными или хотя бы рациональными (а в большинстве случаев еще и положительными), не исчерпывает этой дисциплины, а представляет собой лишь очень специальную ее часть, которая относится ко всей дисциплине приблизительно так же, как учение о преобразовании и решении уравнений (алгебра) относится к анализу в целом. Именно, как все исследования, которые касаются общих свойств числовых величин и связей между ними, принадлежат к области анализа, так целые числа (а также и дробные, поскольку они определяются через целые) составляют предмет изучения арифметики. Но так как то, что обычно принято называть арифметикой, почти не выходит за пределы искусства считать и вычислять (т. е. представлять числа в опре-

деленном виде, например, в десятичной системе, и производить над ними арифметические операции) с добавлением еще некоторых вопросов, которые или вовсе не относятся к арифметике, как, например, учение о логарифмах, или имеют силу не только для целых чисел, но и для любых числовых величин, то представляется целесообразным различать две части арифметики и только что упомянутое причислять к элементарной арифметике, а все общие исследования о внутренних связях между целыми числами относить к высшей арифметике, о которой одной здесь и будет идти речь.

К высшей арифметике относится то, что Эвклид с присущими древним изяществом и строгостью изложил в «Началах», в книге VII и следующих; однако это представляет собой лишь первые шаги этой науки. Знаменитое сочинение Диофанта, целиком посвященное проблемам неопределенного анализа, содержит много исследований, которые вследствие их трудности и красоты методов свидетельствуют об уме и проницательности их автора, особенно, если учесть незначительность вспомогательных средств, находившихся в его распоряжении. Так как, однако, эти задачи больше требуют находчивости и сообразительности, чем глубоких методов, и, кроме того, являются слишком специальными и редко приводят к более общим выводам, то эта книга рассматривается как эпоха в развитии математики скорее потому, что она содержит в себе первые следы искусства, характерного для алгебры, а не потому, что она обогатила новыми открытиями высшую арифметику. Главным образом более поздним исследователям, правда, немногочисленным, но завоевавшим непреходящую славу,— таким, как Ферма, Эйлер, Лагранж, Лежандр, мы обязаны тем, что они нашли доступ к сокровищнице этой божественной науки и показали, какими богатствами она наполнена. Я, однако, не буду здесь перечислять, какие открытия принадлежат каждому из этих математиков в отдельности, так как это можно узнать из предисловия к дополнениям, которыми Лагранж снабдил «Алгебру» Эйлера, и из недавно вышедшего сочинения Лежандра, о котором скоро будет упоминаться; кроме того, об этом говорится в соответствующих местах настоящих «Арифметических исследований».

Целью этого труда, издать который я обещал еще пять лет назад, было довести до общего сведения те исследования по высшей арифметике, которыми я занимался частью ранее, частью позже указанного срока. Однако, чтобы никто не удивлялся, что я здесь повторяю предмет почти с самого начала и заново произвожу многие исследования, которыми уже занимались другие, я считаю необходимым указать на то, что когда я в начале 1795 г. впервые принялся за исследования такого рода, я ничего не знал о том, что было сделано за последнее время в этой области, и все средства, при помощи которых я получал свои результаты, я изобретал сам. Именно, занимаясь в то время другой работой, я случайно натолкнулся на одну изумительную арифметическую истину (если не ошибаюсь, она изложена в виде теоремы в

п. 108), и так как она не только показалась мне прекрасной сама по себе, но и навела на мысль, что она связана и с другими выдающимися фактами, я со всей энергией взялся за то, чтобы выяснить принципы, на которых она основывается, и получить строгое ее доказательство. После того как это желание, наконец, осуществилось, прелесть этих исследований настолько увлекла меня, что я уже не мог их оставить; так и получилось, что в то время как одни все время пролагали дорогу другим в том, что изложено в первых четырех разделах этого труда, я сам имел о подобных работах других математиков лишь приблизительное представление. Когда же мне, наконец, представилась возможность ознакомиться с работами этих выдающихся умов, то я понял, что большая часть моих рассуждений была посвящена уже давно известным вещам, но с тем большей охотой решился я следовать по стопам этих ученых, которые двигали арифметику вперед; так возникли различные исследования, часть которых составляют разделы V, VI, VII. Когда я, спустя некоторое время, принял решение опубликовать результаты моих усилий, то я, идя навстречу желаниям многих, тем охотнее решил не выбрасывать ничего также и из указанных более ранних исследований, что, во-первых, в то время еще не было книги, по которой можно было бы ознакомиться с рассеянными по академическим изданиям работами других математиков по этому вопросу; затем, потому, что многие из этих исследований были совершенно новыми и проводились новыми методами, и, наконец, потому, что все они так тесно переплетались как между собой, так и с более поздними исследованиями, что новые неудобно было бы изложить достаточно ясно без того, чтобы сначала не напомнить некоторые другие вещи.

Тем временем появилось сочинение уже и до того имевшего большие заслуги в высшей арифметике Лежандра («Essai d'une theorie des nombres, год VI), в котором он не только тщательно обработал и привел в порядок все, что было сделано в этой науке до сих пор, но и привнес очень много своего собственного. Так как эта книга попала ко мне в руки слишком поздно, когда большая часть моего сочинения была уже готова, я ее нигде не упоминал в тех случаях, когда аналогия рассматриваемых вопросов могла бы дать к этому повод; лишь в отношении нескольких ее мест я счел необходимым сделать некоторые замечания в дополнениях, которые, как я надеюсь, любознательный читатель не оставит без внимания.

Во время печатания этого сочинения, которое несколько раз прерывалось и из-за многочисленных задержек растянулось на четыре года, я не только продолжал далее те исследования, которые начал еще ранее, но опубликование которых решил отложить до другого случая, чтобы не делать книгу слишком объемистой, но и принялся за многие новые исследования. Кроме того, несколько исследований, которые я по той же причине только вскользь упоминал, так как более подробное расмотрение представлялось мне необходимым (например, те, о которых

говорится в п. п. 37, 82 и следующих, и в других местах), в дальнейшем были продолжены и дали повод к более общим исследованиям, которые представляются достойными опубликования (ср. также сказанное в дополнениях относительно п. 306). Наконец, так как книга вследствие значительного размера раздела V оказалась гораздо объемистее, чем я ожидал,— многое, что первоначально для нее предназначалось, и в частности весь восьмой раздел (который в этом сочинении уже упоминается в нескольких местах, и который содержит общее изложение теории алгебраических сравнений любой степени), пришлось выбросить. Все эти вещи, которые легко могут заполнить том, равносильный настоящему, я опубликую, как только для этого представится случай.

То, что во многих трудных исследованиях я пользовался синтетическими доказательствами и опускал анализ, при помощи которого они были найдены, объясняется главным образом требованиями краткости, которым я, насколько это возможно, должен был стремиться удовлетворить.

Теория деления круга или теория правильных многоугольников, которая рассматривается в разделе VII, сама по себе не принадлежит арифметике; однако ее принципы следует черпать только в высшей арифметике; это будет для математиков, быть может, столь же неожиданным, сколь, надо надеяться, приятными бывают для них обычно истины, черпаемые из этого источника.

На это я хотел обратить внимание читателя. О самом предмете судить не мне. Я ничего не желаю столь горячо, как того, чтобы эти исследования понравились тем, кто принимает близко к сердцу успехи науки, как те, которые восполняют имевшиеся до сих пор пробелы, так и те, что открывают путь к новому.



КОШИ

(1789—1857)

Огюстен Луи Коши родился в Париже. Отцу он обязан как бескомпромиссной набожностью, так и прекрасным классическим образованием, которое тот, по совету Лагранжа, дал своему сыну. В 1810 г. Коши окончил Политехническую школу по Отделению мостов и дорог. К этому же времени относятся его первые работы по математике, включая знаменитое исследование о многогранниках. Три года Коши работал военным инженером в Шербуре, а затем начал преподавать в ряде высших учебных заведений Парижа. В 1816 г. Коши стал профессором математики в Политехнической школе и в том же году был назначен членом Академии наук на место, освободившееся после исключения Монжа.

После июльской революции 1830 г. Коши эмигрировал в Турин, где король Сардинии создал для него кафедру теоретической физики. Коши был воспитателем герцога Бордосского и в течение нескольких лет путешествовал с наследником Карла X по Европе. В 1838 г. он вернулся в Париж и с 1842 по 1852 гг. был профессором астрономии университета.

Его биограф аббат Муано писал: «Коши был роста выше среднего, тонок и очень строен. Походка была скорая; так как он дорожил временем и не желал терять ми-

нуты, ему часто приходилось бегать. Его волосы, брови и борода были редки, что придавало ему вид несколько юный. Лоб его был высокий и очень открытый, глаза немного томные с несколько блуждающим взглядом, но полные жизни и ума. Нос его длинный и тонкий, губы открытые, рост немного велик, голос сильный и не совсем обыкновенный, произношение его парижское и до крайности картавое, цвет лица бледный и немного болезненный; будучи на вид слабый, он редко болел».

По своему характеру Коши был человеком с несколько упрощенным отношением ко всему тому, что не касалось науки; а его клерикальные и монархические убеждения вызывали антипатию многих. Исключительно работоспособный и продуктивный ученый, Коши написал более 700 работ почти во всех областях современной ему физики и, особенно, математики. Здесь мы не можем дать даже беглый обзор его работ. Заметим только, что вместе с Гауссом он развил теорию функций комплексного переменного, им систематически изучены задачи с начальными условиями для дифференциальных уравнений — то, что теперь мы называем задачей Коши.

Значительное влияние на всю математику оказали новые требования к строгости доказательств и точности выводов, которые проводились Коши, хотя современники обвиняли его в недостаточной законченности его собственных работ. Учебники, где Коши систематически использует понятие предела, послужили образцом для построения курсов высшей математики позднейшего времени. Мы приводим предисловие к «Курсу алгебраического анализа» Коши, впервые изданному в 1821 г.

КУРС АЛГЕБРАИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Некоторые лица, которые так охотно руководили мною в начале моего поприща (среди них я с особой признательностью назову Лапласа и Пуассона), выразили желание видеть в печати курс анализа, читанный мною в Политехнической школе. Для пользы слушателей я решил написать этот курс, что и составило данную книгу, в которую вошла его первая часть — алгебраический анализ. В этой части курса рассматриваются различные виды вещественных и мнимых функций, сходящиеся и расходящиеся ряды, решение уравнений и разложения рациональных дробей.

Говоря о непрерывности функций, я не мог оставить без внимания главные свойства бесконечно малых величин и именно те свойства, на которых основаны дифференциальное и интегральное исчисления. Наконец, во введении и в примечаниях, помещенных в конце сочинения, приведены те сведения, которые могут быть полезны как для преподавателей и слушателей наших учебных заведений, так и для тех, кто желает специально изучить анализ.

Что касается способа изложения, то я старался придать выводам ту строгость, которая требуется в геометрии, совершенно избегая сужде-

ний, полученных из алгебраических обобщений. Хотя подобные суждения и допускаются, особенно при переходе от сходящихся рядов к расходящимся и от вещественных выражений к мнимым, но мне кажется, что их можно принять лишь за наведения, посредством которых, и то не всегда, только угадывается истина, что совершенно не удовлетворяет той строгости, которой гордятся математические науки. К тому же наведения могут дать безграничный простор алгебраическим формулам, между тем как в действительности большая часть этих формул справедлива только при известных условиях и лишь при некоторых значениях входящих в них величин. Определяя эти условия и эти значения и устанавливая точный смысл знакоположений, которые мною используются, я устраняю всякую неопределенность. Таким образом, эти различные формулы выражают отношения между вещественными величинами и эти отношения всегда легко проверить путем подстановки чисел вместо самих величин. Правда, для того чтобы оставаться верным этим принципам, я должен был допустить многие предположения, которые с первого взгляда поражают. Так например, в VI главе я говорю, что расходящиеся ряды не имеют суммы, в VII главе — что мнимое уравнение есть только символическое изображение двух уравнений между вещественными величинами. В IX главе: если постоянная или переменная какой-либо функции из вещественных по условию станут мнимыми, то обозначение, принятое для выражения функции, может быть сохранено только при новом условии, дающем возможность выразить смысл такого обозначения, сообразный с последним предположением и т. д. Впрочем я надеюсь, что наши читатели сами лично убедятся, что подобные предположения, которые вызывают потребность в большей отчетливости и с пользой ограничивают обобщение, не только служат делу анализа, но и дают новые материалы для весьма важных исследований. Так, прежде чем отыскивать сумму какого-либо ряда, я должен был рассмотреть: в каких случаях ряды могут суммироваться, т. е. в чем заключается условие их сходимости. Относительно этого я нашел общие правила, которые, по моему мнению, заслуживают некоторого внимания.

Наконец, если, с одной стороны, я заботился о усовершенствовании математического анализа, то, с другой стороны, от меня была далека мысль, что сам анализ должен вполне удовлетворять всем наукам философского содержания. Нет никакого сомнения в том, что единственный способ, который с успехом может применяться в естественных науках, состоит в наблюдении фактов и в подчинении наблюдений вычислениям. Но было бы большим заблуждением допустить, что достоверность заключается только в геометрических доказательствах и в указании наших чувств. Хотя до сих пор никто посредством анализа не пытался доказать существование Августа или Людовика XIV, но каждый здравомыслящий согласится с тем, что в действительном существовании этих лиц он убежден так же, как и в справедливости теоремы Пифагора или Маклорена. Более того, я замечу, что доказательство последней теоремы

доступно пониманию, да и сами ученые еще не во всем согласны, в каких пределах она справедлива, между тем, как все хорошо знают, кто царствовал во Франции в XVII столетии и этому нельзя разумно возражать. То, что я сказал относительно исторического факта, в такой же степени может быть применено к множеству других религиозных, нравственных и политических вопросов. Итак, мы должны четко сознавать, что существуют истины и кроме алгебраических и что есть действительность, которая существует независимо от предметов познаваемых чувствами. Будем поэтому усердно разрабатывать математические науки, не стремясь распространять их значение за естественные пределы, не будем увлекаться решением исторических вопросов посредством формул и искать нравственных оснований в теоремах алгебры или интегрального исчисления.

Заканчивая это предисловие, я считаю себя обязанным сказать о большой пользе, которую мне принесли советы и знания многих лиц, особенно Пуассона, Ампера и Кориолиса. У последнего, между прочим, я заимствовал правило о сходимости произведений, составленных из бесконечного числа сомножителей. Я также воспользовался как многочисленными замечаниями, так и тем способом, который Ампер развил в своих «Уроках анализа».



ЛОБАЧЕВСКИЙ

(1792—1856)

Николай Иванович Лобачевский родился под Нижним Новгородом. Отец его был мелким чиновником в межевой конторе; он умер, когда Николаю было 6 лет. Мать Николая Ивановича, овдовев в возрасте 25 лет, жила с тремя сыновьями в небольшом имении. Судьба Лобачевского неразрывно связана с Казанью, где с 10 лет он вместе с братьями учился в Казанской гимназии, а затем — в только что основанном Казанском университете. Лобачевский учился блестяще, однако поведение его отмечалось как неудовлетворительное: «вольнодумство, мечтательное о себе самомнение, упорство...»

Профессором, оказавшим большое влияние на развитие науки в Казани, был Бартельс, хороший математик, друживший с Гауссом; лекции по астрономии читал профессор Литтров. Лобачевский получил степень магистра в 1811 г.; вскоре он стал адъюнктом и затем профессором и с 1823 г. уже заведовал кафедрой математики университета. Еще раньше Лобачевский начал работать над основаниями геометрии, и повод для его размышлений дало преподавание математики на курсах усовершенствования младших чиновников. После ряда безуспешных попыток исключения аксиомы о параллельных Лобачевский пришел к выводу о возможности создания новой не-

противоречивой геометрии, «воображаемой геометрии», как он ее назвал. Последующие годы жизни он в значительной мере посвятил детальной разработке этой области математики. Лобачевскому принадлежат также важные исследования в области анализа и алгебры.

В 1827 г. Лобачевский избирается ректором университета; этот пост он занимал до 1846 г., когда, вопреки желанию Совета университета, был уволен в отставку по возрасту. Казанский университет в годы ректорства Лобачевского сильно расширился и укрепился как научный центр. Лобачевский был прекрасным администратором, сильным в проведении решений и независимым в своих суждениях. В то же время, по свидетельству современников, он обладал чувством доброго юмора. Умер Лобачевский под Нижним Новгородом в имении матери. За год до смерти Лобачевский опубликовал «Пангеометрию», подытоживающую результаты по созданию им новой геометрии; последние ее главы он уже диктовал, так как под конец жизни ослеп.

Величие открытия Лобачевского было оценено далеко не сразу: в России даже такой математик, как Остроградский не принял его работ, и из всех современников лишь Гаусс понимал значение и глубину этих идей. Гаусс представил Лобачевского к избранию в Ганноверскую Академию наук, единственную научную почесть, оказанную, по выражению английского математика Клиффорда, этому «Копернику геометрии». Лобачевский, как и Гаусс, в наблюдениях астрономии и геодезии искал пределы области применимости геометрии Эвклида к реальному миру,— проблема, которая ныне решается в релятивистской космологии, в общей теории относительности — теории пространства, времени и тяготения.

Мы приводим вступление к первой работе Лобачевского «О началах геометрии», опубликованной в 1829 г. в Вестнике Казанского университета.

О НАЧАЛАХ ГЕОМЕТРИИ [1]

Кажется, трудность понятий увеличивается по мере их приближения к начальным истинам в природе; так же как она возрастает в другом направлении, к той границе, куда стремится ум за новыми познаниями. Вот почему трудности в Геометрии должны принадлежать, во-первых, самому предмету. Далее, средства, к которым надобно прибегнуть, чтобы достигнуть здесь последней строгости, едва ли могут отвечать цели и простоте сего учения. Те, которые хотели удовлетворить сим требованиям, заключили себя в такой тесный круг, что все усилия их не могли быть вознаграждены успехом. Наконец, скажем и то, что со времени Ньютона и Декарта, вся Математика, сделавшись Аналитикой, пошла столь быстрыми шагами вперед, что оставила далеко за собой

[1] Извлечено самим Сочинителем из рассуждения под названием: Exposition succinete des principes de la Géométrie etc., читанного им в Заседании Отделения Физико-Математических наук, 12 февраля 1826 г.

то учение, без которого могла уже обходиться и которое с тем вместе перестало обращать на себя внимание, какое прежде заслуживало. Эвклидовы начала, таким образом, несмотря на глубокую древность их, несмотря на все блистательные успехи наши в Математике, сохранили до сих пор первобытные свои недостатки.

В самом деле, кто не согласится, что никакая Математическая наука не должна бы начинаться с таких темных понятий, с каких, повторяя Эвклида, начинаем мы Геометрию, и что нигде в Математике нельзя терпеть такого недостатка строгости, какой принуждены были допустить в теории параллельных линий. Правда, что против ложных заключений от неясности первых и общих понятий в Геометрии предостерегает нас представление самых предметов в нашем воображении, а в справедливости принятых истин без доказательства убеждаемся простотою их и опытом, например астрономическими наблюдениями; однако ж все это нисколько не может удовлетворить ум, приученный к строгому суждению. К тому и не вправе пренебрегать решением вопроса, покуда оно неизвестно и покуда не знаем, не послужит ли оно еще к чему другому.

Здесь намерен я изъяснить, каким образом думаю пополнить такие пропуски в Геометрии. Изложение всех моих исследований в надлежащей связи потребовало бы слишком много места и представления совершенно в новом виде всей науки. О прочих недостатках Геометрии, менее важных по затруднению, не почитаю нужным говорить подробно. Ограничусь одним только замечанием, что они относятся к способу преподавания. Никто не помышляет отделить то, что исключительно принадлежит Геометрии, от того, где наука сия становится уже другою, т. е. Аналитикой.

Первые понятия, с которых начинается какая-нибудь наука, должны быть ясны и приведены к самому меньшему числу. Тогда только они могут служить прочным и достаточным основанием учения. Такие понятия приобретаются чувствами; врожденным — не должно верить.

Ничего не может быть простее того понятия, которое служит основанием Арифметике. Мы познаем легко, что всё в природе подлежит измерению, все может быть сосчитано. Не таковы положения Механики: человек с помощью одних ежедневных своих опытов не мог бы прийти к ним. Вечность и одинаковость раз сообщенного движения, где скорость служит мерою оного и массы различных тел — такого рода истины, которые требовали времени, пособия других познаний и ожидали гения...



БУЛЬ

(1815—1864)

Джордж Буль родился в Линкольне (средняя Англия) в семье мелкого лавочника. Буль получил только среднее образование и, блестяще окончив школу, стал учителем в предместьях Лондона. Он самостоятельно изучил высшую математику, европейские языки; латынь и греческий он знал еще со школы.

Одна из ранних работ Буля по анализу была послана в Лондон. В силу неизвестности автора и сложности вопроса ее чуть не отклонили от публикации в «Известиях Королевского общества». Однако через два года за эту работу это же общество присудило Булю Королевскую медаль. В 1849 г. Буль стал профессором математики в колледже в Корке (Ирландия), где он и прожил до конца своей жизни. Сорока лет Буль женился на Мэри Эверест У Буля было 5 дочерей, из которых младшая, Этель Войнич, известна как автор замечательного романа «Овод».

Буль отличался большой независимостью и оригинальностью ума, но при жизни он был мало известен и понят немногими. Основные его труды посвящены высшей алгебре, теории вероятностей и теории дифференциальных уравнений, исчислению конечных разностей. Но наибольшее значение имеет созданная Булем символическая математическая логика Изобретенная Булем алгебра — булева алгебра — стала уни-

версальным языком для описания всех логических процессов, в том числе и современных логических автоматов и электронных вычислительных машин.

В 1854 г. появилось знаменитое теперь сочинение Буля «О законах мышления». Однако раньше в 1847 г. было опубликовано первоначальное изложение этого круга вопросов в книге «Математический анализ логики», предисловие к которой мы и приводим.

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛОГИКИ

Предисловие

Представляя это сочинение вниманию читателей, я считаю не лишним заметить, что соображения, подобные тем, которые в нем изложены, занимали мои мысли в различные времена. Весной этого года мое внимание к этому вопросу было привлечено сэром В. Гамильтоном и профессором де Морганом. Я был вдохновлен тем интересом, который они возбудили во мне, и возобновил почти забытую цепь ранее проведенных исследований. Мне казалось, что хотя логика и может рассматриваться по отношению к понятию количества, в ней также содержится другая и более глубокая система взаимоотношений. Если законно рассматривать логику *извне*, через ее связь посредством числа с понятиями пространства и времени, то также законно рассматривать ее *изнутри*, на основе понятий другого порядка, которые находят свое место в строении ума. В представленном трактате содержатся следствия этих воззрений и исследований, которые они подсказали.

Обычно не принято автору указывать на то, как следует судить его труд. Есть однако два условия, которые я осмелюсь поставить перед теми, кто предпримет оценку данной работы. Во-первых, никакие предвзятые представления о невозможности цели этой работы не должны мешать искренности и беспристрастности исследования того, что требует истина. Во-вторых, суждение о системе в целом не должно быть основано на рассмотрении только ее части, или на согласии с уже принятой системой, полагаемой за общепринятую, и истинность которой не подлежит пересмотру. Именно в общих теоремах, содержащихся в наиболее полном виде в последних главах этого сочинения,— которым нет по существу ничего подобного,— утверждается сущность метода анализа дедуктивного мышления.

У меня нет ни желания, ни права предсказывать конечную оценку значимости этой системы. Оценка теории определяется не только ее правильностью. Она также зависит от важности предмета и области применений. За пределами этого должно быть еще место свободным сужде-

ниям человека. Если бы польза от математических формул для науки логики была лишь вопросом обозначений, я был бы удовлетворен тем, чтобы положиться на защиту этого подхода, сформулированную ныне живущим способным автором: «Во всех случаях, когда природа вопроса допускает безопасное проведение процесса мышления механически, следует построить язык по возможности опирающимся на механические принципы. В противном случае язык следует строить так, чтобы возникали все возможные препятствия к его механическому использованию» [1]. В одном смысле наука логики отличается от всех других наук. Совершенство ее метода в основном ценно как свидетельство мысленной истинности ее принципов. Превзойти ее путем использования здравого смысла или же подвергать ее испытаниям в техническом совершенстве было бы последним желанием того, кто знает цену того умственного труда и той борьбы, которые придают уму атлетическую силу и учат его бороться с трудностями и полагаться на себя в минуты тревоги.

Линкольн,
29 октября 1847 г.

---

[1] J. S. Mill. System of Logic, Ratiocinative and Inductive. Vol. II, p. 292.



ПУАНКАРЕ

(1854—1912)

Анри Пуанкаре родился в Нанси, в состоятельной буржуазной семье; его отец был профессором медицины. Первоначальное образование он сначала получил дома, затем — в Лицее; девятнадцати лет он поступил в Политехническую школу.

Академическая жизнь Анри Пуанкаре началась рано и протекала блестяще. Тридцати лет он стал профессором Сорбонны, в 32 года — членом Парижской Академии, а к сорока годам — членом почти всех ученых обществ мира. Бо́льшую часть жизни Пуанкаре провел в Париже, покидая его на время бесчисленных путешествий. Каждый год, начиная читать лекции, Пуанкаре приступал к изложению нового раздела физики или математики. Большинство этих лекций издано и они составляют обширнейшую часть творческого наследия ученого. Более 500 научных работ и 30 книг, написанных им, посвящены разнообразнейшим проблемам математики, астрономии, физики, космогонии, геодезии. Пуанкаре много писал по философии и методологии науки. Он был женат на правнучке знаменитого биолога Жоффруа Сент-Илера, а его двоюродный брат Раймон Пуанкаре был в 1913—1920 гг. президентом Французской республики. Анри Пуанкаре умер 58 лет после неудачной операции.

Очень трудно, по существу невозможно, дать даже беглый обзор творчества этого глубокого и разностороннего ученого. Основные его работы посвящены созданию новых, качественных методов в математике и механике. В математике Пуанкаре развил теорию групп и заложил основы топологии. Сочинение Пуанкаре «Новые методы в небесной механике» (1892), удостоенное конкурсной премии Шведской Академии наук, положило начало развитию нелинейной механики. Анализ физических основ механики электрона и электродинамики непосредственно привел Пуанкаре к концепциям теории относительности, одним из творцов которой он является. Быть может, творчество Пуанкаре точнее всего отмечает рубеж, отделяющий эпоху классической физики и математики — механики Ньютона и анализа бесконечно малых — от современной. Глубокая критика некоторых сторон философских представлений Пуанкаре была дана В. И. Лениным в книге «Материализм и эмпириокритицизм».

Мы приводим вступление к мемуару Пуанкаре «О кривых, определяемых дифференциальными уравнениями» (1889) и предисловие к его книге «Новые методы в небесной механике» (1892).

О КРИВЫХ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ

ПЕРВЫЙ МЕМУАР

Полная теория функций, определяемых дифференциальными уравнениями, была бы чрезвычайно полезна для большого числа вопросов математики и механики. К сожалению, сразу видно, что в громадном большинстве случаев, с которыми нам приходится иметь дело, эти уравнения не могут быть проинтегрированы с помощью уже известных нам функций, например, с помощью функций, определяемых квадратурами. И если бы мы захотели ограничиться только теми случаями, которые можно изучить при помощи определенных или неопределенных интегралов, то область наших исследований оказалась бы чрезвычайно суженной, и огромное большинство вопросов, встречающихся в приложениях, осталось бы нерешенным.

Необходимо, следовательно, изучать функции, определяемые дифференциальными уравнениями сами по себе, не пытаясь сводить их к более простым функциям, так же, как это было сделано по отношению к алгебраическим функциям, которые сначала пытались свести к радикалам, а теперь изучают непосредственно, так же, как это было сделано по отношению к интегралам от алгебраических дифференциалов после долгих попыток выразить их в конечном виде.

Таким образом, исследование свойств функций, определяемых дифференциальными уравнениями,— задача, представляющая величайший

интерес. Первый шаг на этом пути уже был сделан, когда было изучено поведение функции, определяемой дифференциальным уравнением, *в окрестности какой-либо заданной точки плоскости.* Задача, стоящая теперь перед нами,— это пойти дальше и изучить поведение этой функции на всем протяжении плоскости. В этом исследовании нашей отправной точкой, очевидно, будут служить уже известные результаты, относящиеся к поведению такой функции в некоторой области плоскости.

Полное исследование функций состоит из двух частей:

1) качественной (если можно так выразиться) части, или геометрического изучения той кривой, которая определяется этой функцией;

2) количественной части, или вычисления численных значений функции.

Так, например, для того чтобы исследовать алгебраическое уравнение, мы сначала определяем, с помощью теоремы Штурма, число действительных корней — это качественная часть; затем находим числовые значения этих корней — в этом заключается количественное изучение уравнения. Точно так же, для того чтобы изучить алгебраическую кривую, мы начинаем с построения этой кривой (как принято выражаться в соответствующих математических курсах), т. е. определяем наличие замкнутых ветвей, бесконечных ветвей и т. д.

После этого качественного изучения кривой можно точно определить некоторое число ее точек.

Естественно, что именно в качественной части должно начинаться исследование всякой функции, и поэтому проблема, которая в первую очередь встает перед нами,— это *построение кривых, определяемых дифференциальными уравнениями.*

Это качественное исследование, когда оно будет полностью выполнено, будет очень полезно для вычисления численных значений искомой функции и позволит более просто установить сходящийся ряд, изображающий искомую функцию в некоторой части плоскости, и главная трудность заключается именно в отыскании надежного критерия для перехода от одной области, где функция определена одним сходящимся рядом, к другой области, где она выражается с помощью другого ряда.

С одной стороны, это качественное исследование и само по себе представляет первостепенный интерес. К нему могут быть сведены различные, исключительно важные вопросы анализа и механики. Возьмем в качестве примера задачу трех тел. Разве нельзя поставить вопрос, будет ли одно из этих тел всегда оставаться в некотором участке неба или оно сможет удалиться в бесконечность? Или вопрос о том, будет ли расстояние между двумя из этих тел неограниченно убывать, или, напротив, это расстояние будет всегда заключено в определенных пределах? Разве нельзя поставить тысячу вопросов такого рода, и все эти вопросы будут разрешены, как только мы сумеем качественно построить

траектории этих трех тел. И если рассматривать большее число тел, то чем иным является вопрос о неизменности элементов планет, как не подлинным вопросом качественной геометрии? Так как показать, что большая ось не имеет вековых изменений, это значит обнаружить, что она постоянно колеблется между некоторыми определенными границами.

Таково обширное поле открытий, простирающееся перед взорами математика. Я не претендовал на то, чтобы пройти его полностью, но я хотел по крайней мере переступить его границы; я ограничился одним весьма частным случаем, тем, который естественно представлялся первым,— именно изучением дифференциальных уравнений первого порядка и первой степени.

НОВЫЕ МЕТОДЫ В НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКЕ

Предисловие

Задача трех тел настолько важна для астрономии и в то же время настолько трудна, что все усилия геометров уже давно устремлены в этом направлении. Полное и точное интегрирование является, очевидно, невозможным и потому пришлось прибегнуть к приближенным методам. Сначала были использованы методы, состоящие в разложении в ряды по степеням масс. В начале нашего века достижения Лагранжа и Лапласа, а позднее вычисления Леверрье довели эти методы до такой степени совершенства, что до настоящего времени они были достаточны для всех практических нужд. Я мог бы добавить, что они будут достаточны, несмотря на некоторые расхождения в деталях, еще в течение долгого времени, однако не вечно, как это легко себе уяснить.

Конечная цель небесной механики состоит в разрешении великого вопроса: может ли закон Ньютона, и только он один, объяснить все астрономические явления; единственным способом разрешения этого вопроса является проведение насколько возможно точных наблюдений и сравнение их с результатами вычислений. Эти вычисления могут быть лишь приближенными и, кроме того, нет никакого смысла вычислять большее количество десятичных знаков, чем могут дать наблюдения. Поэтому бесполезно требовать от вычислений большей точности, чем от наблюдений, но нельзя от вычислений требовать и меньшей точности. Поэтому приближение, которое мы можем считать удовлетворительным сегодня, окажется недостаточным через несколько веков. Действительно, даже если сделать весьма маловероятное предположение, что измерительные приборы не будут более совершенствоваться, уже одно накопление наблюдений в течение нескольких веков позволит определить с большей точностью коэффициенты различных неравенств. Эта эпоха, когда при-

дется отказаться от старых методов, конечно, еще очень далека, но теоретик должен ее предвидеть, так как труды теоретика должны опережать, и часто на много лет, труды вычислителей.

Не нужно думать, что для получения эфемерид с большой точностью в течение длинного ряда лет достаточно вычислить большее число членов в рядах, к которым приводят старые методы. Действительно, методы, состоящие в разложении координат небесных тел по степеням масс, носят общие черты, которые мешают их применению для вычисления эфемерид на долгий срок. Полученные ряды содержат члены, называемые *вековыми*, в которых время входит вне знака синуса или косинуса. Отсюда следует, что сходимость этих рядов может стать сомнительной для больших значений времени t.

Наличие этих вековых членов связано не с природой задачи, а только с применяемым методом. Действительно, легко видеть, что если истинное выражение координаты содержит член с $\sin \alpha mt$, где α — константа, а m — одна из масс, то при разложении по степеням m появятся вековые члены

$$\alpha mt - \frac{\alpha^3 m^3 t^3}{6} + \cdots$$

и присутствие этих членов дает весьма ложное представление о настоящем виде изучаемой функции.

Все астрономы уже давно ощущают это. Сами создатели небесной механики во всех случаях, когда требовалось получить формулы, пригодные на длительный срок, как, например, для вычисления вековых неравенств, должны были действовать иначе и отказаться от разложений просто по степеням масс. Таким образом, изучение вековых неравенств при помощи системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами можно считать относящимся скорее к новым, чем к старым методам.

Точно так же все усилия геометров во второй половине века имеют своей главной целью устранение вековых членов. Первый серьезный шаг в этом направлении был сделан Делоне, чей метод, безусловно, принесет еще много пользы.

Мы упомянем далее исследования Хилла по теории Луны (American Journal of Mathematics, v. I, Acta Mathematica, t. VIII). В этой работе, к сожалению, неоконченной, можно увидеть зачатки большей части достижений науки, сделанных с того времени.

Но ученым, который оказал этой ветви астрономии самые важные услуги, является, несомненно, Гильден. Его работы касаются всех сторон небесной механики, он умело использует все возможности современного анализа. Гильден добился того, что из его разложений совершенно исчезли все вековые члены, которые так затрудняли его предшественников.

С другой стороны, Линдштедт предложил иной метод, значительно более простой, чем метод Гильдена, но менее общий, поскольку его невозможно применить при наличии членов, которые Гильден назвал *критическими*.

Благодаря усилиям этих ученых, трудности, происходящие от вековых членов, могут считаться полностью преодоленными, и новые методы, вероятно, будут еще долго удовлетворять требованиям практики.

Однако не все еще сделано. Большая часть этих разложений не сходится в том смысле, в котором геометры понимают это слово. Конечно в настоящее время это не имеет большого значения, поскольку мы уверены, что вычисление первых членов дает весьма удовлетворительное приближение. Но не менее верно и то, что эти разложения не могут давать сколь угодно точное приближение. Поэтому наступит момент, когда они станут неудовлетворительными. Кроме того, некоторые теоретические выводы, которые можно было бы сделать на основании вида этих рядов, не будут законными вследствие их расходимости. Так, например, они не могут служить для разрешения вопроса об устойчивости солнечной системы. Исследование сходимости этих разложений должно привлечь внимание геометров по причинам, которые я изложил и, кроме того, по следующей причине: цель небесной механики не будет достигнута, если мы вычислим эфемериды более или менее приближенно, не отдавая себе отчета в степени полученной точности. Действительно, если мы обнаружим расхождение между этими эфемеридами и наблюдениями, необходимо, чтобы можно было установить, виноват ли в этом закон Ньютона или все можно объяснить несовершенством теории. Поэтому важно определить верхний предел допущенной ошибки, на что, может быть, недостаточно обращали внимание до последнего времени.

Оказывается, методы, которые позволяют исследовать сходимость, дают нам в то же время этот верхний предел, что повышает их значение и практическую ценность.

Поэтому не следует удивляться, что я отвожу этим методам такое большое место в этой книге, хотя, быть может, я извлек из них не все, что они могут дать.

Я сам занимался этими вопросами и посвятил им мемуар, который появился в XIII томе «Acta Mathematica»; в особенности я старался осветить те немногочисленные результаты, относящиеся к задаче трех тел, которые могут быть установлены с абсолютной строгостью, требуемой математикой. Только эта строгость придает некоторую ценность моим теоремам о периодических, асимптотических и двоякоасимптотических решениях. Действительно, здесь можно будет найти твердую основу, на которую можно спокойно опереться, а это представляет ценность для всех исследований, даже для тех, где не требуется такой строгости.

С другой стороны, мне казалось, что мои результаты позволили мне объединить в некий синтез большинство новых, недавно предложенных методов, и это побудило меня предпринять настоящий труд.

В предлагаемом первом томе я должен был ограничиться изучением периодических решений первого рода, доказательством несуществования однозначных интегралов, а также изложением и обсуждением методов Линдштедта.

Следующие тома я посвящу обсуждению методов Гильдена, теории интегральных инвариантов, вопросам устойчивости, изучению периодических решений второго рода, асимптотических и двоякоасимптотических решений и, наконец, новым результатам, которые я смогу получить к моменту опубликования этих томов.

Кроме того, я буду принужден, без сомнения, вернуться в последующих томах к вопросам, рассмотренным в I томе. Правда, логика при этом немного пострадает, но нельзя поступать иначе в отрасли науки, которая находится в стадии становления и в которой новые достижения следуют непрерывно одно за другим. Поэтому я заранее прошу извинить меня.

Последнее замечание: обычно результаты представляют в форме, наиболее удобной для вычисления эфемерид, выражая координаты в виде явных функций времени. Этот путь представляет, очевидно, значительные преимущества, и большею частью я по возможности ему следовал; однако я так поступал не всегда и часто представлял результаты в форме интегралов, т. е. в виде неявных соотношений между координатами или между координатами и временем. Прежде всего, эти соотношения можно использовать для проверки формул, дающих координаты в явном виде. Но это не все; истинная цель небесной механики состоит не в вычислении эфемерид, так как в этом случае можно было бы удовлетвориться предвидением на короткий срок, а в том, чтобы убедиться, достаточно ли закона Ньютона для объяснения всех явлений. С этой точки зрения неявные соотношения, о которых я говорил выше, могут оказаться столь же полезными, как и явные формулы. Действительно, достаточно в них подставить наблюденные значения координат и проверить, удовлетворяются ли они.



ГИЛЬБЕРТ

(1862—1943)

Давид Гильберт родился в Восточной Пруссии. В отличие от обычных для немецких студентов того времени, скитающихся из одного университета в другой, Гильберт получил образование и первые ученые степени в родном Кенигсберге. Основное значение для Гильберта имела сохранившаяся на всю жизнь дружба с Минковским и Адольфом Гурвицем. В беседах с ними, часто во время долгих прогулок, больше, чем от занятий с книгами, лекций и семинаров, сформировался Гильберт как ученый: в дальнейшем он всегда предпочитал устное слово печатному.

В 1895 г. по инициативе Клейна Гильберт был приглашен в Геттинген, и именно с Геттингеном неразрывно связана вся дальнейшая жизнь Гильберта. В 1930 г. Гильберт по возрасту оставил кафедру, кафедру, которую некогда занимали Гаусс и Риман.

Творчество Гильберта охватывало по существу всю математику. Он обычно выделял одну область, в которой сосредоточенно и целеустремленно работал в течение нескольких лет, а затем переходил к другой; таким путем Гильберт стал математиком-универсалом. Академик А. Н. Колмогоров намечает восемь таких периодов: теория инвариантов (1885—1893), теория алгебраических числовых полей (1893—

1898), основания геометрии (1898—1902), проблемы вариационного исчисления и дифференциальных уравнений (1900—1906), интегральные уравнения (1900—1910), решение уравнения Варинга в теории чисел (1908—1909), математическая физика (1910—1922) и, наконец, логические основы математики (1922—1939). В работах по основаниям математики Гильберт считал возможным достичь непротиворечивого обоснования математики на основе канторовой теории множеств. Убеждение Гильберта привело к возникновению так называемого формалистического направления в математике. Однако последующие работы Геделя по логической незамкнутости арифметики сильно поколебали веру в этот подход.

Быть может, еще большее значение, чем собственные перворазрядные творческие достижения Гильберта, имело влияние стиля его мышления, те требования ясности и определенности результатов, которые он ставил, то сочетание простоты и строгости, которых он добивался от своих учеников.

Гильберт возглавил обширную школу, оказавшую сильное влияние на всю математику и физику начала XX века. После прихода к власти Гитлера «чистка» германских университетов больше всего коснулась учеников Гильберта. Вейль и Курант покинули родину, другие потеряли свое место, некоторые погибли в концлагерях. Последние годы жизни для Гильберта были трагическими годами одиночества; на его глазах разрушалась германская культура, блестящим представителем которой он был. Гильберт умер в Геттингене на 81-м году жизни; на его могиле написано:

Wir müssen wissen
Wir werden wissen

(мы должны знать — мы будем знать).

Мы приводим вступительную часть речи Гильберта на II Международном съезде математиков в Париже в 1900 г. В этой знаменитой речи Гильберт сформулировал 23 проблемы. Последующее развитие математики показало всю глубину его интуиции и понимания путей развития математики. Мы приводим также предисловие к «Основаниям геометрии» (1930), первоначально вышедшим в 1899 г.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Кто из нас не хотел бы приоткрыть завесу, за которой скрыто наше будущее, чтобы хоть одним взглядом проникнуть в предстоящие успехи нашего знания и тайны его развития в ближайшие столетия? Каковы будут те особые цели, которые поставят себе ведущие математические умы ближайшего поколения? Какие новые методы и новые факты будут открыты в новом столетии на широком и богатом поле математической мысли?

История учит, что развитие науки протекает непрерывно. Мы знаем, что каждый век имеет свои проблемы, которые последующая эпоха или решает, или отодвигает в сторону как бесплодные, чтобы заменить их новыми. Чтобы представить себе возможный характер развития матема-

тического знания в ближайшем будущем, мы должны перебрать в нашем воображении вопросы, которые еще остаются открытыми, обозреть проблемы, которые ставит современная наука и решения которых мы ждем от будущего. Такой обзор проблем кажется мне сегодня, на рубеже нового столетия, особенно своевременным. Ведь большие даты не только заставляют нас оглянуться на прошедшее, но и направляют нашу мысль в неизвестное будущее.

Невозможно отрицать глубокое значение, какое имеют определенные проблемы для продвижения математической науки вообще, и важную роль, которую они играют в работе отдельного исследователя. Всякая научная область жизнеспособна, пока в ней избыток новых проблем. Недостаток новых проблем означает отмирание или прекращение самостоятельного развития. Как вообще каждое человеческое начинание связано с той или иной целью, так и математическое творчество связано с постановкой проблемы. Сила исследователя познается в решении проблем: он находит новые методы, новые точки зрения, он открывает более широкие и свободные горизонты.

Трудно, а часто и невозможно заранее правильно оценить значение отдельной задачи; ведь в конечном счете ее ценность определится пользой, которую она принесет науке. Отсюда возникает вопрос: существуют ли общие признаки, которые характеризуют хорошую математическую проблему?

Один старый французский математик сказал: «Математическую теорию можно считать совершенной только тогда, когда ты сделал ее настолько ясной, что берешься изложить ее содержание первому встречному». Это требование ясности и легкой доступности, которое здесь так резко ставится в отношении математической теории, я бы поставил еще резче в отношении математической проблемы, если она претендует на совершенство; ведь ясность и легкая доступность нас привлекают, а усложненность и запутанность отпугивают.

Математическая проблема, далее, должна быть настолько трудной, чтобы нас привлекать, и в то же время не совсем недоступной, чтобы не делать безнадежными наши усилия; она должна быть путеводным знаком на запутанных тропах, ведущих к сокрытым истинам; и она затем должна награждать нас радостью найденного решения.

Математики прошлого столетия со страстным рвением отдавались решению отдельных трудных задач; они знали цену трудной задаче. Я напомню только поставленную Иоганном Бернулли *задачу о линии быстрейшего падения.* «Как показывает опыт,— говорит Бернулли, оповещая о своей задаче,— ничто с такой силой не побуждает высокие умы к работе над обогащением знания, как постановка трудной и в то же время полезной задачи». И поэтому он надеется заслужить благодарность математического мира, если он,— следуя примеру таких мужей, как Мерсенн, Паскаль, Ферма, Вивиани и другие, которые (до него) поступали так же,— предложит задачу выдающимся аналитикам своего времени, чтобы

они могли на ней, как на пробном камне, испытать достоинства своих методов и измерить свои силы. Этой задаче Бернулли и другим аналогичным задачам обязано своим зарождением вариационное исчисление.

Известно утверждение Ферма о том, что диофантово уравнение

$$x^n + y^n = z^n$$

неразрешимо в целых числах x, y, z, если не считать известных очевидных исключений. *Проблема доказательства этой неразрешимости* являет разительный пример того, какое побуждающее влияние на науку может оказать специальная и на первый взгляд малозначительная проблема. Ибо, побужденный задачей Ферма, Куммер пришел к введению идеальных чисел и к открытию теоремы об однозначном разложении чисел в круговых полях на идеальные простые множители — теоремы, которая теперь, благодаря обобщениям на любую алгебраическую числовую область, полученным Дедекиндом и Кронекером, является центральной в современной теории чисел и значение которой выходит далеко за пределы теории чисел в область алгебры и теории функций.

Напомню еще об одной интересной проблеме — *задаче трех тел.* То обстоятельство, что Пуанкаре предпринял новое рассмотрение и значительно продвинул эту трудную задачу, привело к плодотворным методам и далеко идущим принципам, введенным этим ученым в небесную механику, методам и принципам, которые сейчас признаются и применяются также и в практической астрономии.

Обе упомянутые проблемы — проблема Ферма и проблема трех тел — являются в нашем запасе проблем как бы противоположными полюсами: первая представляет свободное движение чистого разума, принадлежащее области абстрактной теории чисел, вторая выдвинута астрономией и необходима для познания простейших основных явлений природы.

Однако часто случается, что одна и та же специальная проблема появляется в весьма различных областях математики. Так, *проблема о кратчайшей линии* играет важную историческую и принципиальную роль одновременно в основаниях геометрии, теории кривых и поверхностей, механике и вариационном исчислении. А как убедительно демонстрирует Ф. Клейн в своей книге об икосаэдре, *проблема о правильных многогранниках* имеет важное значение одновременно для элементарной геометрии, теории групп, теории алгебраических и теории линейных дифференциальных уравнений!

Чтобы осветить важность отдельных проблем, я позволю себе еще сослаться на Вейерштрасса, считавшего большой удачей для себя то стечение обстоятельств, которое позволило ему в начале своей научной деятельности заняться такой значительной проблемой, как *проблема Якоби об обращении эллиптического интеграла.*

После того как мы рассмотрели общее значение проблемы в математике, обратимся к вопросу о том, из какого источника математика черпает свои проблемы. Несомненно, что первые и самые старые проблемы

каждой математическсй области знания возпикли из опыта и поставлены над миром внешних явлений. Даже правила *счета с целыми числами* были открыты на этом пути еще на ранней ступени культурного развития человечества так же, как и теперь ребенок познает применение этих правил эмпирическим методом. То же относится к *первым проблемам геометрии* — пришедшим к нам из древности задачам удвоения куба, квадратуры круга, а также к старейшим проблемам теории численных уравнений, теории кривых, дифференциального и интегрального исчислений, вариационного исчисления, теории рядов Фурье и теории потенциала, не говоря уже о всем богатстве проблем собственно механики, астрономии и физики.

При дальнейшем развитии какой-либо математической дисциплины человеческий ум, обнадеженный удачами, проявляет уже самостоятельность; он сам ставит новые и плодотворные проблемы, часто без заметного влияния внешнего мира, с помощью только логического сопоставления, обобщения, специализирования, удачного расчленения и группировки понятий и выступает затем сам на первый план как постановщик задач. Так возникли *задача о простых числах* и другие задачи арифметики, теория Галуа, теория алгебраических инвариантов, теория абелевых и автоморфных функций и так возникали почти *все тонкие вопросы современной теории чисел и теории функций.*

А между тем во время действия созидательной силы чистого мышления внешний мир снова настаивает на своих правах: он навязывает нам своими реальными фактами новые вопросы и открывает нам новые области математического знания. И в процессе включения этих новых областей знания в царство чистой мысли мы часто находим ответы на старые нерешенные проблемы и таким путем наилучшим образом продвигаем вперед старые теории. На этой постоянно повторяющейся и сменяющейся игре между мышлением и опытом, мне кажется, и основаны те многочисленные и поражающие аналогии и та кажущаяся предустановленная гармония, которые математик так часто обнаруживает в задачах, методах и понятиях различных областей знания.

Остановимся еще кратко на вопросе о том, каковы могут быть общие требования, которые мы вправе предъявить к решению математической проблемы. Я имею в виду прежде всего требования, благодаря которым удается убедиться в правильности ответа с помощью конечного числа заключений и притом на основании конечного числа предпосылок, которые кладутся в основу каждой задачи и которые должны быть в каждом случае точно сформулированы. Это требование логической дедукции с помощью конечного числа заключений есть не что иное, как требование строгости проведения доказательств. Действительно, требование строгости, которое в математике уже вошло в поговорку, соответствует общей философской потребности нашего разума; с другой стороны, только выполнение этого требования приводит к выявлению полного значения существа задачи и ее плодотворности. Новая задача, особенно если она

вызвана к жизни явлениями внешнего мира, подобна молодому побегу, который может расти и приносить плоды, лишь если он будет заботливо и по строгим правилам искусства садоводства взращиваться на старом стволе — твердой основе нашего математического знания.

Будет большой ошибкой думать при этом, что строгость в доказательстве — это враг простоты. Многочисленные примеры убеждают нас в противоположном: строгие методы являются в то же время простейшими и наиболее доступными. Стремление к строгости как раз и приводит к отысканию простейших доказательств. Это же стремление часто прокладывает путь к методам, которые оказываются более плодотворными, чем старые менее строгие методы. Так, теория алгебраических кривых благодаря более строгим методам теории функций комплексного переменного и целесообразному применению трансцендентных средств значительно упростилась и приобрела большую цельность. Далее, доказательство правомерности применения четырех элементарных арифметических действий к степенным рядам, а также почленного дифференцирования и интегрирования этих рядов и основанное на этом признание степенного ряда, несомненно, значительно упростили весь анализ, в частности, теорию исключения и теорию дифференциальных уравнений (вместе с ее теоремами существования).

Но особенно разительный пример, иллюстрирующий мою мысль, представляет вариационное исчисление. Исследование первой и второй вариаций определенного интеграла приводило к крайне сложным вычислениям, а соответствующие исследования старых математиков были лишены необходимой строгости. Вейерштрасс указал нам путь к новому и вполне надежному обоснованию вариационного исчисления. На примере простого и двойного интеграла я вкратце намечу в конце моего доклада, как следование этому пути приводит в то же время к поразительному упрощению вариационного исчисления вследствие того, что для установления необходимых и достаточных критериев максимума и минимума становится излишним вычисление второй вариации и даже частично отпадает необходимость в утомительных умозаключениях, относящихся к первой вариации. Я уже не говорю о тех преимуществах, которые возникают оттого, что исчезает надобность рассматривать лишь те вариации, для которых значения производных функций меняются незначительно.

Предъявляя к полному решению проблемы требование строгости в доказательстве, я хотел бы, с другой стороны, опровергнуть мнение о том, что совершенно строгие рассуждения применимы только к понятиям анализа или даже одной лишь арифметики. Такое мнение, поддерживаемое иногда и выдающимися умами, я считаю совершенно ложным. Такое одностороннее толкование требования строгости быстро приводит к игнорированию всех понятий, возникших из геометрии, механики, физики, приостанавливает приток нового материала из внешнего мира и, в конце концов, приводит даже к отбрасыванию понятия континуума и иррационального числа. А существует ли более важный жизненный

нерв, чем тот, который был бы отрезан от математики, если из нее изъять геометрию и математическую физику? Я, напротив, считаю, что всякий раз, когда математические понятия зарождаются со стороны теории познания или в геометрии, или в естественнонаучных теориях, перед математикой возникает задача исследовать принципы, лежащие в основе этих понятий, и так обосновать эти понятия с помощью полной и простой системы аксиом, чтобы строгость новых понятий и их применимость к дедукции ни в какой мере не уступали старым арифметическим понятиям.

К новым понятиям относятся также новые обозначения. Мы их выбираем таким образом, чтобы они напоминали те явления, которые послужили поводом для образования этих понятий. Так, геометрические фигуры являются образами для напоминания пространственных представлений и в качестве таковых применяются всеми математиками. Кто не связывает с двумя неравенствами $a > b > c$ между тремя величинами a, b, c образ тройки прямолинейно расположенных и следующих друг за другом точек в качестве геометрической интерпретации понятия «между»? Кто не пользуется образом вложенных друг в друга отрезков и прямоугольников, если нужно провести полное и строгое доказательство трудной теоремы о непрерывности функций или существования предельной точки? Кто может обойтись без фигуры треугольника, окружности с заданным центром или без тройки взаимно перпендикулярных осей? Или кто хотел бы отказаться от образа некоторого поля или семейства кривых, или поверхностей с их огибающей — понятий, которые играют такую существенную роль в дифференциальной геометрии, в теории дифференциальных уравнений, в основах вариационного исчисления и в других чисто математических областях знания?

Арифметические знаки — это записанные геометрические фигуры, а геометрические фигуры — это нарисованные формулы, и никакой математик не мог бы обойтись без этих нарисованных формул, так же как и не мог бы отказаться при счете от заключения в скобки или их раскрытия или применения других аналитических знаков.

Применение геометрических фигур в качестве строгого средства доказательства предполагает точное знание и полное владение теми аксиомами, которые лежат в основе теории этих фигур, и поэтому для того, чтобы эти геометрические фигуры можно было включить в общую сокровищницу математических знаков, необходимо строгое аксиоматическое исследование их наглядного содержания. Подобно тому как при сложении двух чисел нельзя подписывать цифры слагаемых в неверном порядке, а нужно строго следовать правилам, т. е. тем аксиомам арифметики, которым подчиняются арифметические действия, так и операции над геометрическими образами определяются теми аксиомами, которые лежат в основе геометрических понятий и связей между ними.

Сходство между геометрическим и арифметическим мышлением проявляется также и в том, что в арифметических исследованиях мы также

мало, как и при геометрических рассмотрениях, прослеживаем до конца цепь логических рассуждений, вплоть до аксиом. Напротив, в особенности при первом подходе к проблеме, мы и в арифметике, совершенно так же как и в геометрии, сначала пользуемся некоторым мимолетным, бессознательным, не вполне отчетливым комбинированием, опирающимся на доверие к некоторому арифметическому чутью, к действенности арифметических знаков,— без чего мы не могли бы продвигаться в арифметике точно так же, как мы не можем продвигаться в геометрии, не опираясь на силы геометрического воображения. Образцом арифметической теории, оперирующей строгим образом с геометрическими понятиями и знаками, может служить работа Минковского «Геометрия чисел» (Лейпциг, 1896).

Сделаем еще несколько замечаний относительно трудностей, которые могут представлять математические проблемы, и о преодолении этих трудностей.

Если нам не удается найти решение математической проблемы, то часто причина этого заключается в том, что мы не овладели еще достаточно общей точкой зрения, с которой рассматриваемая проблема представляется лишь отдельным звеном в цепи родственных проблем. Отыскав эту точку зрения, мы часто не только делаем более доступной для исследования данную проблему, но и овладеваем методом, применимым и к родственным проблемам. Примерами могут служить введенное Коши в теорию определенного интеграла интегрирование по криволинейному пути и установление Куммером понятия идеала в теории чисел. Этот путь нахождения общих методов наиболее удобный и надежный, ибо, если ищут общие методы, не имея в виду какую-нибудь определенную задачу, то эти поиски, по большей части, напрасны.

При исследовании математических проблем специализация играет, как я полагаю, ещё более важную роль, чем обобщение. Возможно, что в большинстве случаев, когда мы напрасно ищем ответа на вопрос, причина нашей неудачи заключается в том, что еще не разрешены или не полностью решены более простые и легкие проблемы, чем данная. Тогда все дело заключается в том, чтобы найти эти более легкие проблемы и осуществить их решение наиболее совершенными средствами, при помощи понятий, поддающихся обобщению. Это правило является одним из самых мощных рычагов для преодоления математических трудностей, и мне кажется, что в большинстве случаев этот рычаг и приводят в действие, подчас бессознательно.

Вместе с тем бывает и так, что мы добиваемся ответа при недостаточных предпосылках, или идя в неправильном направлении, и вследствие этого не достигаем цели. Тогда возникает задача доказать неразрешимость данной проблемы при принятых предпосылках и выбранном направлении. Такие доказательства невозможности проводились еще старыми математиками, например, когда они обнаруживали, что отношение гипотенузы равнобедренного прямоугольного треугольника к его катету

есть иррациональное число. В новейшей математике доказательства невозможности решений определенных проблем играют выдающуюся роль; там мы констатируем, что такие старые и трудные проблемы, как доказательство аксиомы о параллельных, как квадратура круга или решение уравнения пятой степени в радикалах, получили все же строгое, вполне удовлетворяющее нас решение, хотя и в другом направлении, чем то, которое сначала предполагалось.

Этот удивительный факт наряду с другими философскими основаниями создает у нас уверенность, которую разделяет, несомненно, каждый математик, но которую до сих пор никто не подтвердил доказательством,— уверенность в том, что каждая определенная математическая проблема непременно должна быть доступна строгому решению или в том смысле, что удается получить ответ на поставленный вопрос, или же в том смысле, что будет установлена невозможность ее решения и вместе с тем доказана неизбежность неудачи всех попыток ее решить. Представим себе какую-либо нерешенную проблему, скажем, вопрос об иррациональности константы C Эйлера — Маскерони или вопрос о существовании бесконечного числа простых чисел вида 2^n+1. Как ни недоступными представляются нам эти проблемы и как ни беспомощно мы стоим сейчас перед ними, мы имеем все же твердое убеждение, что их решение с помощью конечного числа логических заключений все же должно удасться.

Является ли эта аксиома разрешимости каждой данной проблемы характерной особенностью только математического мышления или, быть может, имеет место общий, относящийся к внутренней сущности нашего разума закон, по которому все вопросы, которые он ставит, способны быть им разрешимы? Встречаются ведь в других областях знания старые проблемы, которые были самым удовлетворительным образом и к величайшей пользе науки разрешены путем доказательства невозможности их решения. Я вспоминаю проблему perpetuum mobile (вечный двигатель) [1]. После напрасных попыток конструирования вечного двигателя стали, наоборот, исследовать соотношения, которые должны существовать между силами природы, в предположении, что perpetuum mobile невозможен. И эта постановка обратной задачи привела к открытию закона сохранения энергии, из которой и вытекает невозможность perpetuum mobile в первоначальном понимании его смысла.

Это убеждение в разрешимости каждой математической проблемы является для нас большим подспорьем в работе; мы слышим внутри себя постоянный призыв: *вот проблема, ищи решение. Ты можешь найти его с помощью чистого мышления; ибо в математике не существует Ignorabimus!*

[1] Ср. H. Helmholtz. Über die Wechselwirkung der Naturkräft und die derauf bezüglichen neuesten Ermittlung der Physik. 1854. (Русский перевод: «О взаимодействии сил природы», в сб. Гельмгольц. Популярные речи, изд. 2, ч. I. СПб., 1898).

Неизмеримо множество проблем в математике, и как только одна проблема решена, на ее место всплывают бесчисленные новые проблемы. Разрешите мне в дальнейшем, как бы на пробу, назвать несколько определенных проблем из различных математических дисциплин, проблем, исследование которых может значительно стимулировать дальнейшее развитие науки.

Обратимся к основам анализа и геометрии. Наиболее значительными и важными событиями последнего столетия в этой области являются, как мне кажется, арифметическое овладение понятием континуума в работах Коши, Больцано, Кантора и открытие *неэвклидовой* геометрии Гауссом, Бойяи и Лобачевским. Я привлекаю поэтому Ваше внимание к некоторым проблемам, принадлежащим к этим областям.

ОСНОВАНИЯ ГЕОМЕТРИИ

Геометрия,— так же как и арифметика,— требует для своего построения только немногих простых основных положений. Эти основные положения называются *аксиомами* геометрии. Установление аксиом геометрии и исследование их взаимоотношений — это задача, которая со времен Эвклида являлась темой многочисленных прекрасных произведений математической литературы. Задача эта сводится к логическому анализу нашего пространственного представления.

Настоящее исследование представляет собой новую попытку установить для геометрии *полную и возможно более простую* систему аксиом и вынести из этих аксиом важнейшие геометрические теоремы так, чтобы при этом стало совершенно ясно значение как различных групп аксиом, так и следствий, получающихся из отдельных аксиом.

* * *

Настоящая работа представляет собой критическое исследование основ геометрии; в этом исследовании нами руководил принцип разбирать каждый представившийся вопрос так, чтобы при этом исследовать, можно ли получить на него ответ на предначертанном заранее пути при помощи определенных ограниченных вспомогательных средств. Этот принцип содержит, как мне кажется, общее и естественное положение, когда мы при наших математических исследованиях встречаемся с некоторой проблемой или предполагаем справедливость некоторой теоремы, то наше стремление к познанию бывает удовлетворено лишь после того, как нам удастся полностью решить проблему и строго доказать теорему, или после того, как нами полностью осознается невозможность такого реше-

ния (или доказательства) и тем самым становится очевидным, что все такие попытки неминуемо обречены на неудачу.

Поэтому-то в новой математике вопрос о *невозможности* определенных решений или неразрешимости некоторых задач играет выдающуюся роль, и стремление ответить на подобного рода вопрос часто служило толчком для открытия новых и плодотворных областей исследования. Напомним только о доказательстве Абеля невозможности решения уравнения пятой степени в радикалах, далее, о выяснении недоказуемости аксиомы о параллельных и, наконец, о теоремах Эрмита и Линдемана — о невозможности построить числа e и π алгебраическим путем.

Тот принцип, в силу которого следует повсюду выяснять условия возможности доказательства, теснейшим образом связан также с требованием «чистоты» методов доказательства — требованием, энергично выдвигаемым многими математиками. Это требование, в сущности, есть не что иное, как субъективное выражение принципа, которому мы здесь следовали. В настоящем геометрическом исследовании мы всюду стремились установить, какие аксиомы, предположения или вспомогательные средства необходимы для доказательства некоторой истины элементарной геометрии; какой метод доказательства следует предпочесть исходя из принятой только что точки зрения.



РАССЕЛ

(1872—1970)

Бертран Артур Вильям Рассел родился в Лондоне в аристократической семье. Он получил прекрасное домашнее образование, затем он поступил в Кембриджский университет, который с блеском окончил в 1894 г. Несколько месяцев он был атташе в Британском посольстве в Париже; год провел в Берлине, занимаясь историей немецкой социал-демократии. Возвратившись в Кембридж, он начинает работать в области оснований математики и математической логики. В 1903 г. Рассел публикует «Основы математики», а через два года выходит монография «Principia Mathematica», написанная совместно с Уайтхедом. Главным результатом этих исследований стало обнаружение противоречивости оснований теории множеств, сформулированной Расселом в виде его известных парадоксов. Сложность решения этой проблемы была сформулирована Расселом афористически: «Чистая математика — это такой предмет, где мы не знаем, о чем мы говорим, и не знаем, истинно ли то, что мы говорим».

В последующие годы Рассел по существу оставляет математику и основные силы уделяет философии, теории познания, этической и общественно-политической проблематике. Здесь невозможно дать даже краткое резюме исключительно раз-

нообразного и противоречивого творчества этого выдающегося мыслителя. Его деятельность была отмечена Нобелевской премией по литературе в 1954 г.

Жизнь Рассела так же полна противоречий, как и его работы. Во время первой мировой войны он был исключен из колледжа и заключен в тюрьму за антивоенные выступления. Его взгляды на мораль и религию привели к высылке из США, куда он был приглашен читать лекции. После второй мировой войны Рассел, четко поняв всю опасность, которая угрожает человечеству в случае ядерного конфликта, активно выступил в защиту мира. В 1955 г. Рассел составил обращение к правительствам стран мира, подписанное вместе с Эйнштейном. Известие о его подписи Рассел получил вместе с сообщением о смерти своего друга.

Рассел дожил до глубокой старости: он умер на 98-м году жизни. За два года до этого он еще участвовал в сидячей демонстрации защитников мира на улицах Лондона.

Мы приводим предисловие к первому изданию «Основ математики» (1903).

ОСНОВЫ МАТЕМАТИКИ

У данной работы две главные цели. Одна состоит в доказательстве того, что вся чистая математика рассматривает исключительно только понятия, определенные через очень небольшое число основных логических понятий, и что все ее положения выводятся из очень небольшого числа основных логических принципов. Эта цель рассмотрена в II—VII частях этого тома и будет доказана путем строгого символического мышления во втором томе. Доказательство этого тезиса обладает, если только я не ошибаюсь, всей определенностью и точностью, на которую способно математическое доказательство. Поскольку этот тезис лишь недавно появился среди математиков и почти полностью отрицается философами, в этом томе я предпринял защиту разных сторон этого тезиса по мере необходимости против тех теорий, которые наиболее распространены или же наиболее трудны для опровержения. Я также попытался представить на возможно менее специализированном языке основные этапы рассуждений, которыми этот тезис устанавливается.

Другая цель этой работы, которой посвящена часть I, заключается в объяснении фундаментальных понятий, которые математика принимает как неопределяемые. Это чисто философский труд, и я не могу себе льстить тем, что сделал больше, чем только указал на обширную область исследований и дал примеры тех методов, которыми эти исследования можно вести. Обсуждение неопределяемых понятий — в чем заключена основная часть философской логики — представляет попытку увидеть ясно и заставить уяснить других рассматриваемые вещи так, чтобы они предстали разуму с той же полнотой и наглядностью, как цвет или вкус

ананаса. Когда неопределяемые, как в данном случае, получаются первоначально как неизбежный остаток в процессе анализа, то часто проще знать, что такие понятия должны существовать, чем их действительно познать. Этот процесс аналогичен тому, который привел к открытию Нептуна, с той лишь разницей, что заключительная стадия — поиски с помощью мысленного телескопа вещей, о существовании которых сделано предположение,— часто бывает наиболее трудной частью всего исследования. Я должен признать, что в случае классов я не смог предложить какого-либо понятия, удовлетворяющего условиям, сформулированным для понятия *класса*. И противоречие, обсуждаемое в X главе, показывает на то, что что-то упущено, однако, чтó именно, я до сих пор не смог установить.

Второй том, к работе над которым мне удалось привлечь А. Уайтхеда, будет обращен исключительно к математикам. В нем будут содержаться цепочки рассуждений, начинающиеся с посылок символической логики и ведущие через арифметику как конечного, так и бесконечного к геометрии в том же порядке, как это принято и в настоящем томе. В нем будут содержаться также различные оригинальные выводы, в которых метод профессора Пеано, дополненный логикой отношений, показал себя могучим инструментом исследований.

Данный том, который можно рассматривать либо как комментарий, либо как введение ко второму тому, в равной мере адресован философу и математику. В некоторых своих частях он будет более интересен одному, а в других — другому. Математикам, если только они не заинтересованы специально в символической логике, я могу посоветовать начать с части IV и обращаться к начальным главам только по мере необходимости. Более философский характер имеют следующие разделы: часть I (без главы II); часть II: главы XI, XV, XVI, XVII; часть III; часть IV: § 207, главы XXVI, XXVII, XXXI; часть V: главы XLI, XLII, XLIII; часть VI: главы I, LI, LII; часть VII: главы LIII, LIV, LV, LVII, LVIII, а также два приложения, относящиеся к части I, которые следует читать в связи с ними. Работа профессора Фреге, которая в значительной мере предвосхищает мою, была мне большей частью неизвестной, когда началось печатание данного труда. Я видел его «Основы арифметики»; однако из-за большой трудности его символики я не мог ни оценить ее важность, ни принять ее содержание. Единственный способ, на столь поздней стадии, отдать должное его работам состоял в том, чтобы посвятить им приложение. Но в некоторых пунктах взгляды, содержащиеся в приложении, отличаются от тех, которые даны в главе VI, особенно в §§ 71, 73, 74. Я обнаружил ошибки в вопросах, рассматриваемых в этих параграфах, уже после того, как материал поступил в печать. Эти ошибки, из которых основная заключается в отрицании нулевого класса и отождествлении элемента с классом, единственным элементом которого он является, исправлены в приложениях. Рассматриваемые вопросы столь трудны, что я не стал бы настаивать на настоя-

щих своих мнениях и рассматриваю всякие выводы, которых можно придерживаться как существенно гипотетических.

Важность рассматриваемых вопросов могут помочь понять несколько слов о происхождении данной работы. Шесть лет тому назад я предпринял исследование философских основ динамики. Я столкнулся с трудностью, заключающейся в том, что, когда на частицу действует несколько сил, ни одна из составляющих ускорения не реализуется, а реализуется только результирующее ускорение, частями которого они не являются. Этот факт делает иллюзорным всякое причинение частичного от частичного, как это утверждается, на первый взгляд, законом тяготения. Казалось также, что проблема абсолютного движения неразрешима в рамках теории относительности пространства. От этих двух вопросов я пришел к пересмотру понятий геометрии, а затем к философским вопросам непрерывности и бесконечности, а затем к смыслу слова *всякий*, к символической логике. Окончательный результат, что касается философии динамики, наверное довольно скромен; причина этого состоит в том, что почти все проблемы динамики кажутся мне лишь эмпирическими и потому лежащими вне пределов данной работы. Пришлось опустить также много интересных вопросов, особенно в частях VI и VII, как не относящихся к моей цели и которые, с тем, чтобы избежать непонимания, лучше всего объяснить здесь.

Когда рассматриваются действительные предметы, или же когда геометрия и динамика применяются к действительно существующему пространству или материи, или же когда любым другим образом математические рассуждения применяются к тому, что существует, то же рассуждение, которое используется, применяется в виде, не зависящем от объектов, к которым они применяются, полагая, что эти объекты именно таковы, какими они есть, и обладают определенными общими свойствами. В чистой математике нет вопроса о действительных предметах реального мира, в ней идет речь только о гипотетических объектах, имеющих общие свойства, от которых зависят любые рассматриваемые заключения. Эти общие свойства всегда будут выражаться в терминах фундаментальных понятий, которые я назвал логическими константами. Так, когда в чистой математике мы говорим о пространстве и движении, мы не говорим о действительном пространстве и действительном движении, какие мы знаем из опыта, мы говорим о вещах, обладающих теми абстрактными общими свойствами пространства и движения, которые используются в геометрических и динамических рассуждениях. Вопрос о том, относятся ли эти свойства в действительности к реальному пространству и материи, не имеет никакого отношения к чистой математике и тем самым к данной работе. С моей точки зрения — это чисто эмпирический вопрос, который следует исследовать в лаборатории или обсерватории. Косвенно, правда, рассуждения, связанные с чистой математикой, имеют очень большое отношение к таким эмпирическим вопросам, поскольку математические пространство и движение считаются многими,

быть может и большинством философов, внутренне противоречивыми и потому по необходимости отличающимися от действительного пространства и движения, тогда как, если взгляды, излагаемые на следующих страницах, верны, то никаких внутренних противоречий в математических пространстве и движении не должно усматриваться. Однако такие соображения, лежащие вне математики, практически полностью исключены из данной работы.

По основным вопросам философии в своих главных чертах я следую Дж. Э. Муру. Я заимствую у него идею неэкзистенциального характера высказываний (за исключением утверждений существования) и их независимости от любого познающего разума. Я также принял плюрализм, рассматривающий мир, как сущего, так и сущностей, состоящим из бесконечного числа взаимно независимых сущностей, отношения которых являются исчерпывающими и не сводятся к чему-либо, зависящему от их элементов или того целого, которое они составляют. До того, как я усвоил эти взгляды от него, я был совершенно не в состоянии построить какую-либо философию арифметики, в то время как их принятие привело к немедленному освобождению от большого числа трудностей, трудностей, которые я считал непреодолимыми. Только что упомянутое учение, с моей точки зрения, совершенно необходимо для всякой сколько-нибудь удовлетворительной философии математики, что, как я надеюсь, будет видно из следующих страниц. Однако я должен предоставить моим читателям судить о том, в какой мере мои рассуждения опираются на эти принципы и в какой мере они, эти принципы, подтверждаются. Формально мои посылки просто постулируются. Но тот факт, что они позволяют математике быть истинной, чего не допускает большинство философских теорий, является сильнейшим доводом в их пользу.

В математике я больше всего обязан, как это, наверное, очевидно, Георгу Кантору и профессору Пеано. Если бы я был ранее знаком с работами профессора Фреге, то я многим был бы обязан и ему, хотя я и независимо получил ряд результатов, которые он уже установил. На каждом этапе моей работы мне помогали замечания, пример и великодушная поддержка А. Н. Уайтхеда. Он также был настолько любезен, что прочел корректуру и значительно улучшил окончательный вид очень многих мест. Ряду полезных замечаний я обязан также В. Э. Джонсону. Помимо общих положений, лежащих в основе целого, в более философских частях книги я многим обязан Дж. Э. Муру.

В попытке охватить столь обширную область невозможно было достичь исчерпывающего знакомства с литературой и несомненно есть ряд важных работ, с которыми я незнаком. Однако тогда, когда труд по размышлению и написанию по необходимости поглощает столько времени, такое незнакомство невозможно избежать, как бы печально оно ни было.

В изложении многие слова будут определяться в смысле, отличающемся от общепринятого в обиходе. Такие отступления, и я должен просить читателя этому поверить, не являются произвольными и сделаны

по необходимости. В философских вопросах это происходит по двум причинам. Во-первых, часто бывает, что рассматривают два известных понятия и что язык имеет два названия для одного и ни одного для другого. В таких случаях в высшей степени удобно установить различие между двумя названиями, которые обычно рассматриваются как синонимы, оставив одно для обычного, а другое для дотоле безыменного понятия. Во-вторых, это идет от философских разногласий с установленными точками зрения. Когда два качества обычно получаются раздельно связанными, а здесь полагаются раздельными, название, которое обычно прилагалось к их сочетанию, будет применимо к одному или другому. Например, утверждения обычно принимаются как: 1) истинные или ложные; 2) мыслимые. Полагая, как это делаю я, что то, что истинно или ложно, не является вообще мыслимым, я требую названия для истинного или ложного как такового и это название едва ли может быть иным, чем *утверждением*. В таком случае расхождение с общеупотребительным ни в коей мере не произвольно. Что касается математических терминов, то необходимость установления в каждом случае теорем существования — иными словами, доказательства того, что существуют рассматриваемые сущности, привело ко многим определениям, которые кажутся существенно отличными от понятий, обычно приписываемых рассматриваемым терминам. Таковы, например, определения кардинальных, обычных и комплексных чисел. Определение первых двух, а также ряда других случаев, определение класса (множества), полученное на основе принципа исчерпания, просто опирается на факт того, что здесь нет сомнений в теоремах существования. Однако во многих случаях такого кажущегося отличия от общеупотребительного можно сомневаться в том, насколько было бы возможным увеличить точность понятий, которые до сих пор были более или менее расплывчатыми.

При публиковании работы, содержащей столько непреодолимых трудностей, я должен принести извинения за то, что исследования не обнаружили сколько-нибудь близкую возможность удовлетворительного решения противоречий, обсужденных в главе X, или возможности лучшего проникновения в природу множеств. Повторяющееся обнаружение ошибок в решениях, которые в свое время меня удовлетворяли, привело к тому, что эти проблемы стали казаться такими, что в них только скрывается кажущаяся удовлетворительной теория, которая при достаточно долгом размышлении могла быть создана. Поэтому я считаю более правильным просто отметить трудности, чем ждать, пока я буду убежден в истинности некоторых, возможно полностью неверных, положений.

Я должен выразить свою благодарность директору Университетского издательства и его секретарю г-ну Р. Т. Райту за помощь и содействие в отношении данного тома.

Лондон,
декабрь 1902 г.



ВЕЙЛЬ

(1885—1955)

Герман Вейль родился в небольшом городке Эльмсхорн вблизи Гамбурга, в семье адвоката. Директором гимназии, где он учился, был двоюродный брат Давида Гильберта; именно в Геттингенский университет, где профессором был Гильберт, поступил в 1904 г. Вейль. Он учился четыре года, а затем стал приват-доцентом университета. Один год Вейль провел в Мюнхене, у Клейна и Зоммерфельда; однако, женившись в 1913 г., Вейль переехал в Цюрих, где получил кафедру в Высшей федеральной технической школе.

Разносторонний по интересам Вейль интенсивно работал в различных областях математики. Вместе с голландским математиком Броуэром Вейль возглавил так называемое интуиционистское направление в математике, противостоящее формализму Гильберта. Быть может, наибольшее конкретное значение имеют работы Вейля по теории групп и инвариантов. Ныне эта область математики получила исключительное значение для физики, когда наиболее общие физические законы мы стремимся связывать со свойствами симметрии частиц, пространства и времени. В физике Вейль работал в области теории относительности и квантовой механики. Владея блестящим литературным стилем, Вейль много писал по методологии науки и философским

проблемам естествознания. В 1930 г. Вейль принял кафедру Гильберта в Геттингене. Но это время — время наступления фашизма — было тяжким для него. В 1933 г. Вейль покидает Германию и переезжает в США. Там он становится сотрудником Института перспективных исследований в Принстоне, где уже работали Эйнштейн, Вигнер и Нейман.

В 1951 г. Вейль вернулся в Европу, в Цюрих, и его лебединой песней стала его замечательная популярная книга «Симметрия» (1952). Вскоре после своего 70-летнего юбилея Вейль умер.

Мы приводим предисловие к книге Вейля «Теория групп и квантовая механика» (1928) и предисловие к его итоговой монографии «Классические группы, их инварианты и представления» (1939).

ТЕОРИЯ ГРУПП И КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

В последнее время все более и более признается важность теоретико-группового подхода к общим законам квантовой теории. Поскольку в течение ряда лет я был глубоко поглощен теорией представлений непрерывных групп, мне казалось существенным и важным представить отчет о достижениях математиков, работающих в этой области, в виде, соответствующем требованиям квантовой физики. Дополнительный толчок этому дает тот факт, что с чисто математической точки зрения уже невозможно проводить столь резкой грани между конечными и непрерывными группами при обсуждении теории их представлений так, как это до сих пор делалось. Желание показать на примерах некоторых наиболее важных случаев, как возникающие в теории групп понятия находят свое приложение к физике, привело к необходимости включить короткое введение в основы квантовой физики, поскольку ко времени написания этой книги не было такого изложения, к которому я мог бы отослать читателя. Эта книга, если она достигнет своей цели, должна дать читателю возможность изучить основы теории групп и квантовой механики, так же как и понять отношение, существующее между этими двумя предметами. Математические части книги написаны, имея в виду интересы физика, так же как и обратное. Я специально подчеркиваю «взаимность» между представлениями симметричных групп перестановок и полной линейной группой. Этой зависимостью в физической литературе до сих пор пренебрегали, несмотря на то, что она естественно следует из концептуальной структуры квантовой механики.

Существует, по-моему, четко различимая параллель между современными достижениями математики и физики. Математика Запада за последние века отошла от точки зрения греков и пошла по пути, который,

по-видимому, возник в Индии и был затем передан нам, с некоторыми добавлениями, арабами. В этом подходе понятие числа логически предшествует понятиям геометрии. В результате мы систематически прилагаем это далеко развитое понятие о числе ко всем отраслям науки, безотносительно к тому, насколько оно соответствует таким частным приложениям. Однако современная тенденция в математике несомненно направлена в сторону возврата к позициям греков. Теперь мы смотрим на каждую отрасль математики, как определяющую собственную область количественных понятий. Современный алгебраист рассматривает континуум вещественных или комплексных чисел лишь как одно «поле» среди многих. Современная аксиоматика проективной геометрии может рассматриваться как соответственное проявление той же тенденции в области геометрии. Эта новая математика, включающая современную теорию групп и «абстрактную алгебру», движется силой, отличной от духа «классической математики», высшее выражение которой мы находим в теории функций комплексного переменного. Континуум вещественных чисел сохранил свою древнюю прерогативу в физике для выражения результатов физических измерений. Но справедливо можно утверждать, что сущность новой квантовой механики Гейзенберга — Шредингера — Дирака заключается в том, что она связывает с каждой физической системой набор величин, составляющих некоммутативную алгебру в точном математическом смысле, элементами которой являются сами физические величины.

Цюрих,
август 1928 г.

КЛАССИЧЕСКИЕ ГРУППЫ, ИХ ИНВАРИАНТЫ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

С тех пор как мне удалось в 1925 г., комбинируя инфинитезимальные методы Э. Картана и интегральный метод И. Шура, определить характеры полупростых непрерывных групп, я поставил своей целью вывести главные результаты для наиболее важных из этих групп, в частности, для полной группы невырожденных линейных преобразований и для ортогональной группы, прямым алгебраическим построением. Благодаря, главным образом, работам и сотрудничеству Р. Броуэра в течение последних нескольких лет, я в настоящее время обладаю всеми необходимыми для этого средствами. Задачу можно точно охарактеризовать следующим образом: разложить пространство тензоров заданного ранга на его неприводимые инвариантные подпространства относительно заданной группы линейных преобразований в положенном в основу векторном пространстве. Другими словами, предметом нашего изучения будут различные типы линейно преобразующихся «величин», которые можно

приготовить из материала тензоров при режиме той или иной группы. Такова проблема, образующая один из стержней этой книги, и, в соответствии с алгебраическим подходом, решение ее разыскивается не только в поле вещественных чисел, на котором анализ и физика разыгрывают свои сражения, но и в произвольном поле характеристики нуль. Однако я не пытался охватить поля простой характеристики.

Понятие алгебраического инварианта абстрактной группы γ не может быть сформулировано, покуда мы не владеем понятием представления $\mathfrak{A}$ группы γ, линейными преобразованиями, или эквивалентным понятием «величины типа $\mathfrak{A}$». Поэтому проблема нахождения всех представлений или величин группы γ должна логически предшествовать проблеме нахождения алгебраических инвариантов этой группы. (По поводу понятий величин и инвариантов более общего характера и их тесной взаимосвязи отсылаем читателя к главе I, где эрлангенская программа Клейна пересказана в несколько более абстрактных терминах.) Второй моей целью является — дать современное введение в теорию инвариантов. Уже давно пора омолодить классическую теорию инвариантов, впавшую почти в окаменелое состояние. Оправданием тому, что я придерживался значительно более консервативного стиля, чем это, вероятно, казалось бы желательным нашему молодому поколению алгебраистов, является нежелание жертвовать прошлым; но даже при этом, надеюсь, я достаточно решительно прокладывал путь к современным концепциям. Я не претендовал на то, чтобы написать монографию по современной теории инвариантов: систематическое руководство должно было бы содержать много вещей, обойденных здесь молчанием.

Как видно из предшествующего описания, предмет этой книги довольно специальный. Как бы важны ни были общие понятия и предложения, которыми одарило нас современное деятельное увлечение аксиоматизированием и обобщениями, распространенное в алгебре, быть может, больше, чем в какой бы то ни было другой области,— все же я убежден в том, что именно специальные проблемы во всей их сложности составляют опору и стержень математики; и преодоление их трудностей требует, вообще говоря, наиболее серьезных усилий. Разумеется, линия раздела здесь неопределенна и текуча. Однако общей теории представлений групп совершенно сознательно посвящено едва ли более двух страниц, тогда как применение этой теории к рассматриваемым группам частного вида занимает по крайней мере в пятьдесят раз больше места. Общие теории показаны здесь в их возникновении из специальных проблем, анализ которых приводит к этим теориям как действенному инструменту решения, с почти принудительной необходимостью; но однажды появившись, эти теории освещают широкую область за пределами ограниченного участка их возникновения. В этом духе мы изложим, среди прочих вещей, учение об ассоциативных алгебрах, возвысившееся в последнее десятилетие до руководящего положения в математике.

Связи с другими частями математики подчеркнуты здесь всюду, где к этому представляется случай, и несмотря на алгебраический, в основном, характер книги, не обойдены ни инфинитезимальный, ни топологический методы. Опыт подсказывает мне, что борьба с опасностью слишком сильной специализации и технизации математического исследования особенно важна в Америке. Строгая точность, достижимая математическим мышлением, привела многих авторов к манере изложения, которая должна произвести на читателя такое впечатление, как если бы он был заключен в ярко освещенную камеру, где каждая деталь выделяется с одинаково ослепляющей ясностью, но без рельефности. Я предпочитаю открытый ландшафт под ясным небом с его глубиной перспективы, где обилие отчетливо очерченных близких деталей постепенно сходит на нет по мере удаления к горизонту. В частности, горный массив топологии лежит для этой книги и ее читателя у горизонта, и потому те его части, которые следовало поместить в картину, даны лишь в грубых чертах. От читателя ожидается здесь готовность переключаться на точки зрения, отличные от принятых в алгебраических частях, и добрая воля к сотрудничеству.

Книга предназначена, главным образом, для тех, кто скромно хочет узнать изложенные в ней новые вещи, а не для гордых ученых, уже знакомых с предметом и желающих лишь получить быструю и точную справку о той или иной детали. Она не является ни монографией, ни элементарным учебником. В том же духе составлены и ссылки на литературу.

Боги наложили на мои писания путы чужого языка, не звучавшего у моей колыбели:

«Was dies heissen will, weiss jeder,
Der im Traum pferdlos geritten» [1]

— хотелось бы мне сказать вместе с Готфридом Келлером. Никто более меня не почувствует связанной с этим утраты силы, легкости и ясности выражения. Если, все же, удалось избежать хотя бы грубейших ошибок, то этим относительным достижением я целиком обязан преданному сотрудничеству моего ассистента, д-ра Альфреда Клиффорда; но еще более ценной, чем лингвистическая, была для меня его математическая критика.

Принстон, Нью-Джерси,
сентябрь 1938 г.

[1] Что это значит — каждый знает,
Кто ездил во сне верхом без коня *(нем.)*.



БУРБАКИ [1]

Под именем Никола Бурбаки известна группа ученых, поставивших себе целью дать систематическое изложение всей современной математики, следуя аксиоматическому методу. Эта идея, восходящая еще к Давиду Гильберту, была осуществлена в серии монографий «Элементы математики», которая начала выходить с 1939 года. За 30 лет таким образом было написано более 40 книг. Точный состав группы, в которую входят в основном французские математики — главным образом питомцы Нормальной школы, держится в тайне. Однако представление как об идейных истоках, так и о составе группы Бурбаки можно получить из следующего иронического траурного сообщения, разосланного в 1969 г. по ведущим математическим институтам мира в связи с предполагаемым прекращением деятельности этого уникального творческого коллектива. Ниже следует перевод текста, полученного в Математическом институте им. В. А. Стеклова АН СССР:

„Семейства Кантор, Гильберт, Нётер; семейства Картан, Шеваллье, Дьедонне, Вейль; семейства Брюа, Диксмье, Годеман, Самюэль, Шварц; семейства Демазюр,

[1] Рисунок взят из журнала Scientific American, N 5, 1957.

Дуади, Жиро, Вердье; семейства, фильтрующиеся вправо, и строгие эпиморфизмы мадемуазели Адель и Идель с прискорбием сообщают о кончине господина Никола Бурбаки, соответственно их отца, брата, сына, внука, правнука и внучатого племенника, почившего в бозе 11 ноября 1968 года в День Победы в своем имении в Нанкаго.

Погребение состоится в субботу 23 ноября 1968 года, в 15 часов, на кладбище Случайных функций (станция метро Марков и Гедель).

Сбор перед баром «У прямых произведений», перекресток Проективных резольвент (бывшая площадь Кошуля).

По воле покойного, мессу в Соборе Богоматери универсальных проблем отслужит Его Преосвященство кардинал Алеф Первый, в присутствии уполномоченных представителей всех классов эквивалентности и слоев замкнутых отображений. Память покойного минутой молчания почтят воспитанники Высших Нормальных школ и Классов Черна.

Цветы, венки и сплетения просьба не возлагать.

«Ибо, Господь есть Александровская компактификация Вселенной» (Евангелие от Гротендика, гл. IV, стр. 22)»".

Ниже следует введение к первому тому «Элементов математики» — «Теории множеств» (1938), где формулируется точка зрения авторов этого всеохватывающего труда.

ЭЛЕМЕНТЫ МАТЕМАТИКИ. ТЕОРИЯ МНОЖЕСТВ

Введение

Со времен греков говорить «математика» — значит говорить «доказательство». Некоторые сомневаются даже, что вне математики имеются доказательства, в том точном и строгом смысле, какой получило это слово у греков и какой мы хотим придать ему здесь. С полным правом можно сказать, что этот смысл не изменился. То, что было доказательством для Эвклида, остается доказательством и в наших глазах; а в эпоху, когда понятие доказательства было под угрозой утраты и математика находилась из-за этого в опасности, образцы искали именно у греков. Однако к столь славному наследию в течение последнего века прибавились новые важные завоевания.

Действительно, анализ механизма доказательств в хорошо подобранных математических текстах позволил раскрыть строение доказательств с точки зрения как словаря, так и синтаксиса. Это привело к заключению, что достаточно ясный математический текст можно было бы выразить на условном языке, который содержит лишь небольшое число неизменных «слов», соединяемых друг с другом, согласно синтаксису, состоящему из небольшого числа не допускающих исключений правил; так выраженный текст называется *формализованным*. Запись шахматной

партии с помощью обычной шахматной нотации и таблица логарифмов суть формализованные тексты. Формулы обычного алгебраического исчисления также будут формализованными текстами, если полностью кодифицировать правила, управляющие употреблением скобок, и строго их придерживаться; но в действительности некоторые из этих правил познаются лишь в процессе употребления, и этот же процесс санкционирует некоторые отступления от них.

Проверка формализованного текста требует лишь в некотором роде механического внимания, так как единственные возможные источники ошибок — это длина или сложность текста. Вот почему математик большей частью доверяет собрату, сообщающему результат алгебраических вычислений, если только известно, что эти вычисления не слишком длинны и выполнены тщательно. Напротив, в неформализованном тексте всегда существует опасность ошибочных умозаключений, к которым может привести, например, злоупотребление интуицией или рассуждение по аналогии. Однако в действительности математик, желающий убедиться в полной правильности, или, как говорят, «строгости», доказательства или теории, отнюдь не прибегает к одной из тех полных формализаций, которыми мы сейчас располагаем, и даже большей частью не пользуется частичными и неполными формализациями, доставляемыми алгебраическим и другими подобными исчислениями. Обыкновенно он довольствуется тем, что приводит изложение к такому состоянию, когда его опыт и чутье математика говорят ему, что перевод на формализованный язык был бы теперь лишь упражнением (быть может, очень тягостным) в терпении. Если, как нередко бывает, возникают сомнения, то в конечном счете они относятся именно к возможности прийти без двусмысленности к такой формализации — употреблялось ли одно и то же слово в разных смыслах в зависимости от контекста, нарушались ли правила синтаксиса бессознательным употреблением способов рассуждения, не разрешаемых явно этими правилами, была ли, наконец, совершена фактическая ошибка. Если оставить в стороне последний случай, то непременно рано или поздно сомнения преодолеваются тем, что текст редактируется, все больше и больше приближаясь к формализованному тексту, пока, по общему мнению математиков, дальнейшее продолжение этой работы не станет излишним. Иными словами, правильность математического текста всегда проверяется более или менее явным сравнением с правилами какого-либо формализованного языка.

Аксиоматический метод, собственно говоря, есть не что иное, как искусство составлять тексты, формализация которых легко достижима. Он не является новым изобретением, но его систематическое употребление в качестве инструмента открытий составляет одну из оригинальных черт современной математики. В самом деле, и при записи, и при чтении формализованного текста совершенно несущественно, приписывается ли словам и знакам этого текста то или иное значение или даже не приписывается никакого,— важно лишь точное соблюдение правил

синтаксиса. Именно поэтому алгебраические вычисления, как знает каждый, могут служить для решения задач о килограммах или о франках, о параболах или о равномерно ускоренных движениях. Таким же преимуществом — и по тем же причинам — обладает и всякий текст, составленный по аксиоматическому методу. Коль скоро теоремы Общей топологии установлены, их можно применять по желанию и к обычному пространству, и к гильбертову, равно как и ко многим другим пространствам. Эта возможность придавать разнообразное содержание словам или первичным понятиям теории составляет вместе с тем важный источник обогащения интуиции математика, которая отнюдь не обязательно имеет пространственную или чувственную природу, как часто думают, а скорее представляет собой некоторое знание поведения математических объектов, часто прибегающее к помощи образов самой различной природы, но основанное прежде всего на повседневном знакомстве с этими объектами. На таком пути нередко открывалась возможность плодотворного изучения в какой-либо теории свойств, которые в ней по традиции оставались без внимания, но которые систематически изучались в общей аксиоматической теории, охватывающей данную теорию как частную модель (например, свойств, ведущих свое историческое происхождение от другой частной модели этой общей теории). Более того,— и это нам особенно важно в настоящем Трактате — аксиоматический метод позволяет, когда дело касается сложных математических объектов, расчленить их свойства и перегруппировать эти свойства вокруг немногих понятий, т. е., если воспользоваться словом, которое далее получит точное определение, он позволяет классифицировать свойства по *структурам*, которым они принадлежат (одна и та же структура, разумеется, может фигурировать в связи с разными математическими объектами). Так, среди свойств сферы одни являются топологическими, другие — алгебраическими, а третьи могут рассматриваться как относящиеся к дифференциальной геометрии или к теории групп Ли. Каким бы искусственным этот принцип классификации ни становился иногда по мере переплетения структур, именно он лежит в основе распределения по книгам материала, составляющего предмет настоящего Трактата.

Подобно тому как искусство правильно говорить на живом языке существовало еще до грамматики, так и аксиоматический метод применялся задолго до изобретения формализованных языков. Однако его сознательное применение может основываться только на знании общих принципов, управляющих этими языками, и их соотношений с обычными математическими текстами. Мы намереваемся в этой книге Трактата дать сначала описание одного такого языка вместе с изложением общих принципов, применяемых ко многим другим подобным языкам. Однако для наших целей будет достаточно лишь одного-единственного языка. В самом деле, если прежде могли думать, что каждая отрасль математики зависит от специфических интуиций, дающих ей первичные понятия и истины, и потому для каждой отрасли необходим свой спе-

цифический формализованный язык, то сегодня мы знаем, что, логически говоря, возможно вывести почти всю современную математику из единого источника — Теории множеств. Таким образом, нам будет достаточно изложить принципы какого-то одного формализованного языка, рассказать, как сформулировать на этом языке Теорию множеств, а затем постепенно, по мере того как наше внимание будет направляться на различные отрасли математики, показывать, как они включаются в Теорию множеств. Поступая так, мы не намереваемся давать законы на вечные времена. Может случиться, что когда-нибудь математики согласятся использовать способы рассуждения, не поддающиеся формализации в излагаемом здесь языке. Тогда придется если и не полностью изменить этот язык, то по крайней мере расширить правила синтаксиса. Решение принадлежит будущему.

Само собой разумеется, описание формализованного языка делается на обычном языке, подобно описанию правил игры в шахматы; мы не входим в обсуждение психологических или метафизических проблем, связанных с применимостью обычного языка в таких обстоятельствах (например, возможности опознать, что какая-нибудь буква алфавита является «той же самой» в двух различных местах страницы, и т. д.). Равным образом невозможно выполнить такое описание без того, чтобы не применять нумерацию; хотя строгие умы могли бы почувствовать затруднение при этом и даже найти здесь логическую ошибку, тем не менее ясно, что в данном случае цифры используются лишь как опознавательные метки (впрочем, заменимые другими знаками, например цветами или буквами) и что подсчет знаков в выписанной формуле еще не составляет никакого математического рассуждения. Мы не будем обсуждать возможность обучить принципам формализованного языка существа, умственное развитие которых не доходило бы до умения читать, писать и считать.

Если бы формализованная математика была так же проста, как игра в шахматы, то, составив описание выбранного нами формализованного языка, мы должны были бы затем лишь излагать наши доказательства на этом языке, подобно тому как автор шахматного трактата записывает в своей нотации партии, которым он хочет научить, сопровождая их в случае необходимости комментариями. Однако вопрос решается отнюдь не столь легко, и не требуется большого опыта, чтобы убедиться в абсолютной неосуществимости подобного проекта: даже простейшее доказательство из начального раздела Теории множеств потребовало бы сотен знаков для своей полной формализации. Поэтому, уже начиная с книги I настоящего Трактата, возникает настоятельная необходимость сокращать формализованный текст введением новых слов (называемых «сокращающими символами») и дополнительных правил синтаксиса (называемых «дедуктивными критериями») в довольно значительном количестве. Поступая так, мы получаем языки, гораздо более удобные, чем формализованный язык в собственном смысле, и относительно которых любой

мало-мальски опытный математик будет убежден, что их можно рассматривать как стенографические транскрипции формализованного языка. Но мы уже не будем иметь уверенности, что переход от одного из этих языков к другому может быть сделан чисто механическим образом. Чтобы обрести эту уверенность, пришлось бы настолько усложнить правила синтаксиса, управляющие употреблением новых слов, что польза от этих слов стала бы иллюзорной. Здесь, как и в алгебраическом исчислении и при употреблении почти любых обозначений, которыми обычно пользуются математики, удобный инструмент предпочитается другому, теоретически более совершенному, но слишком громоздкому.

Как увидит читатель, введение этого сжатого языка сопровождается «рассуждениями» особого типа, принадлежащими к так называемой *Метаматематике*. Эта дисциплина, абстрагируясь полностью от всякого значения, которое могло бы первоначально приписываться словам или фразам формализованных математических текстов, рассматривает эти тексты как особые простые объекты, как собрания некоторых заранее данных объектов, для которых важен лишь порядок их расположения. И как трактат по химии заранее объявляет результат эксперимента, производимого при данных условиях, так и математические «рассуждения» будут обычно устанавливать, что после некоторой последовательности операций над текстом данного типа окончательный текст будет текстом другого данного типа. В простейших случаях такие утверждения, по правде говоря, являются чистыми трюизмами (их можно было бы сравнить, например, со следующим утверждением: «Когда в мешке с шарами, содержащем черные шары и шары белые, заменят все черные шары белыми, в мешке останутся только белые шары»). Но очень скоро мы встречаем примеры, в которых аргументация принимает типично математический характер, с преимущественным употреблением произвольных целых чисел и рассуждений по индукции. Если выше мы устранили возражение против употребления нумерации при описании формализованного языка, то теперь мы не можем более отрицать опасность логической ошибки, поскольку теперь как будто с самого начала используются все ресурсы арифметики и в то же время предполагается изложить, между прочим, ее основания. На это некоторые находят возможным отвечать, что в рассуждениях такого рода мы лишь описываем операции, поддающиеся выполнению и контролю, и что по этой причине мы черпаем в этих рассуждениях убеждение другого порядка, чем то, которое мы приписываем математике в собственном смысле. Проще, по-видимому, сказать, что *можно было бы* обойтись без математических рассуждений, если бы формализованная математика была действительно записана: вместо использования «дедуктивных критериев» мы каждый раз вновь начинали бы последовательности операций, которые мы теперь хотим сократить тем, что предсказываем их результат. Но формализованная математика не может быть записана вся полностью, и потому в конце концов приходится питать доверие к тому, что

можно назвать здравым смыслом математика,— доверие, аналогичное тому, которое бухгалтер и инженер, не подозревая о существовании аксиом Пеано, питают к формуле или численной таблице и которое в конечном счете основано на том, что оно никогда не было подорвано фактами.

Итак, мы очень скоро покинем формализованную математику, но тем не менее будем заботиться о том, чтобы отмечать дорогу, по которой к ней можно вернуться. Льготы, приносимые первыми же «вольностями речи» такого рода, позволят нам написать остальную часть Трактата (и, в частности, сводку результатов книги I) так, как пишутся на практике все математические тексты, т. е. отчасти обычным языком, отчасти с помощью формул, составляющих частичные формализации, специальные и неполные, из которых алгебраическое исчисление может служить наиболее известным примером. Часто даже мы будем пользоваться обычным языком еще более смело, с произвольно вводимыми вольностями речи, с полным опущением мест, относительно которых предполагается, что мало-мальски искушенный читатель способен их легко восстановить, с указаниями, не переводимыми на формализованный язык и служащими для облегчения этого восстановительного процесса. Другие места, равно непереводимые, будут содержать комментарии, назначение которых сделать более ясным развитие идей, с обращением в случае необходимости к интуиции читателя; использование риторических средств становится поэтому законным, лишь бы оставалась неизменной возможность формализации текста. Первые примеры такого стиля будут даны уже в этой книге Трактата, в гл. III, излагающей теорию целых и кардинальных чисел.

Итак, написанный по аксиоматическому методу и сохраняющий всюду в виду, как некий горизонт, возможность полной формализации, наш Трактат претендует на полную строгость — претензия, которую не опровергают ни изложенные выше соображения, ни списки *опечаток*, с помощью которых мы исправляли и будем исправлять ошибки, время от времени вкрадывающиеся в текст. Благодаря тому, что мы постоянно стараемся держаться настолько близко к формализованному тексту, насколько это представляется возможным без невыносимых длиннот, проверка в принципе легка; ошибки (неизбежные при подобном предприятии) можно обнаружить без больших затрат времени, и риск, что они сделают недействительными главу или целую книгу Трактата, остается весьма незначительным.

В том же реалистическом духе мы рассматриваем здесь вопрос о непротиворечивости — один из вопросов, наиболее занимающих современных логиков и в той или иной мере встающих уже с самого начала при создании формализованных языков (см. «Исторический очерк»). Та или иная математическая теория называется противоречивой, если какая-

либо теорема доказывается в ней вместе со своим отрицанием. Тогда из обычных правил умозаключения, лежащих в основе правил синтаксиса формализованных языков, можно вывести следствие, что любая теорема одновременно и истинна, и ложна в этой теории, теряющей тем самым всякий интерес. Если, таким образом, мы нечаянно придем к противоречию, то мы не можем оставить его существовать далее, не обесценивая теории, в которой оно возникло.

Можно ли приобрести уверенность, что этого никогда не случится? Не пускаясь по этому поводу в выходящие за пределы нашей компетенции споры о самом понятии уверенности, заметим, что математика может попытаться рассмотреть проблемы непротиворечивости своими собственными методами. В самом деле, сказать, что некоторая теория противоречива, сводится к тому, чтобы сказать, что она содержит правильное формализованное доказательство, оканчивающееся заключением $0 \neq 0$. Но метаматематика может пытаться с помощью способов рассуждения, заимствованных у математики, изучить строение этого формализованного текста, предполагаемого записанным, и в итоге ухитриться «доказать» невозможность такого текста. В самом деле, такие «доказательства» были даны для некоторых частных формализованных языков, менее богатых, чем тот, который мы хотим ввести, но достаточно богатых для того, чтобы на них можно было записать значительную часть классической математики. Можно спросить, правда, что именно «доказывается» таким путем; ведь если бы математика была противоречива, то некоторые ее применения к материальным объектам, и в частности к формализованным текстам, рисковали бы стать иллюзорными. Чтобы избежать этой дилеммы, было бы необходимо, чтобы непротиворечивость формализованного языка можно было «доказать» посредством рассуждений, формализуемых в языке, менее богатом и тем самым более достойном доверия. Но знаменитая теорема математики, принадлежащая Гёделю, говорит, что это невозможно для языка того типа, который мы хотим описать, т. е. для языка, достаточно богатого аксиомами, чтобы допускать формулировку результатов классической арифметики.

С другой стороны, при доказательствах «относительной» непротиворечивости (т. е. при доказательствах, устанавливающих непротиворечивость данной теории в предположении непротиворечивости другой теории, например Теории множеств) метаматематическая часть рассуждения (ср. гл. 1, § 2, n° 4) настолько проста, что даже не представляется возможным подвергнуть ее сомнению, не отказываясь при этом от всякого рационального употребления наших умственных способностей. Так как ныне различные математические теории привязываются в отношении логики к Теории множеств, то отсюда следует, что всякое противоречие, встреченное в одной из этих теорий, дало бы повод противоречию в самой Теории множеств. Это, конечно, не есть аргумент, позволяющий заключить о непротиворечивости Теории множеств. Однако за 40 лет с тех пор, как сформулировали с достаточной точностью аксио-

мы Теории множеств и стали извлекать из них следствия в самых разнообразных областях математики, еще ни разу не встретилось противоречие, и можно с основанием надеяться, что оно и не появится никогда.

Если бы дело и сложилось иначе, то, конечно, замеченное противоречие было бы внутренне присуще самим принципам, положенным в основание Теории множеств, а потому нужно было бы видоизменить эти принципы, стараясь по возможности не ставить под угрозу те части математики, которыми мы наиболее дорожим. И ясно, достичь этого тем более легко, что применение аксиоматического метода и формализованного языка позволит формулировать эти принципы более четко и отделять от них следствия более определенно. Впрочем, приблизительно это и произошло недавно, когда устранили «парадоксы» Теории множеств принятием формализованного языка, по существу эквивалентного с описываемым здесь нами. Подобную ревизию следует предпринять и в случае, когда этот язык окажется в свою очередь противоречивым.

Итак, мы верим, что математике суждено выжить и что никогда не произойдет крушения главных частей этого величественного здания вследствие внезапного выявления противоречия; но мы не утверждаем, что это мнение основано на чем-либо, кроме опыта. Этого мало, скажут некоторые. Но вот уже двадцать пять веков математики имеют обыкновение исправлять свои ошибки и видеть в этом обогащение, а не обеднение своей науки; это дает им право смотреть в грядущее спокойно.



НЕЙМАН

(1903—1957)

Джон (Янош) фон Нейман родился в Будапеште. Там же он в 1926 г. окончил университет. В течение нескольких лет он преподавал в Берлине; в 1930 г. Нейман эмигрировал в США. Через три года он стал сотрудником Принстонского института перспективных исследований, и с этим научным центром, в котором в ту пору работали Эйнштейн, Вигнер, Вейль, связана последующая научная жизнь Неймана.

В годы создания и развития квантовой механики Нейман выступил с книгой «Математические принципы квантовой механики» (1932). Однако основные работы Неймана посвящены математике. В области чистой математики интересы Неймана весьма разнообразны; его работы посвящены функциональному анализу, топологии, теории групп, математической логике. В 1944 г. совместно с экономистом Оскаром Моргенштерном Нейман написал капитальную монографию «Теория игр и экономическое поведение». С начала второй мировой войны Нейман становится консультантом различных военных учреждений. Он принимает активное участие в работах по созданию атомной бомбы, и с 1954 г. он — член Американской комиссии по атомной энергии. С 1945 по 1955 г. Нейман возглавлял работы по созданию быстродействующих электронных вычислительных машин и быть может больше, чем кто-либо дру-

гой в США, сделал для развития этого направления науки и техники. В ЭВМ Нейман видел не только новый могучий инструмент для математических расчетов; он считал, что изобретение ЭВМ и развитие круга вопросов, который Винер назвал кибернетикой, повлияет на саму математику и на наше мышление в целом.

Мы приводим краткое предисловие и введение к книге Дж. Неймана и О. Моргенштерна «Теория игр и экономическое поведение». Следует подчеркнуть, что авторы этой книги пишут не о создании научной системы политической экономии, которая была создана К. Марксом, а о применении математических методов в экономике и имеют в виду разработку формальной модели экономики. Мы приводим также введение к небольшой брошюре Неймана «Вычислительная машина и мозг», написанной им незадолго до смерти.

ТЕОРИЯ ИГР И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ

Предисловие

Эта книга содержит изложение математической теории игр и различных ее приложений. Теория игр развивалась одним из нас начиная с 1928 г. и теперь впервые публикуется во всей своей полноте. Приложения имеют двоякий характер: с одной стороны, к играм в собственном смысле слова, с другой стороны, к экономическим и социологическим проблемам. Мы надеемся показать, что подход к ним с этого направления является наилучшим.

Приложения, которые мы будем развивать применительно к играм, будут служить как для подкрепления самой теории, так и для исследования этих игр. Характер этих взаимных отношений станет ясным по ходу исследования. Наши основные интересы лежат, разумеется, в экономическом и социологическом направлениях. Здесь мы сможем рассмотреть лишь простейшие вопросы. Однако эти вопросы имеют фундаментальный характер.

Кроме того, наша цель состоит прежде всего в том, чтобы показать, что существует строгий подход к вопросам, охватывающим проблемы совпадающих или противоположных интересов, полной или неполной информации, свободных разумных решений или случайных воздействий.

Принстон,
январь 1943 г.

Глава I

ФОРМУЛИРОВКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

§ I. Математический метод в экономике

1.1. Вводные замечания

1.1.1. Целью настоящей книги является рассмотрение некоторых фундаментальных вопросов экономической теории, требующих изучения, отличного от того, которое до сих пор проводилось в литературе. Дальнейший анализ будет затрагивать некоторые основные проблемы, возникающие при изучении экономического поведения, которые в течение долгого времени находились в центре внимания экономистов. Эти проблемы имеют в своей основе попытки точного описания стремления индивидуума к извлечению максимальной пользы или, в случае предпринимателя, к получению максимальной прибыли. Общеизвестно, сколь значительны — а фактически и непреодолимы — встречающиеся на пути решения этой задачи трудности, имеющие место даже при ограниченном числе типичных ситуаций, как, например, в случаях прямого или непрямого обмена товарами между двумя или более лицами, двусторонней монополии, дуополии, олигополии и свободной конкуренции. Будет выяснено, что структура этих проблем, известных каждому изучавшему экономику, является во многих отношениях существенно иной, чем это представлялось до сих пор. Кроме того, окажется, что точная постановка и последующее решение этих задач могут быть достигнуты только при помощи таких математических методов, которые существенным образом отличаются от технических средств, применявшихся экономистами-математиками прошлого и современности.

1.1.2. Наши рассмотрения приведут к приложению математической теории «стратегических игр», развитой одним из авторов последовательно в несколько приемов в 1928 и в 1940—1941 гг.[1] После изложения этой теории будет предпринято ее приложение к экономическим задачам в указанном выше смысле. Будет выяснено, что теория игр дает новый подход к ряду еще не решенных к настоящему времени экономических вопросов.

Сначала нам следует выяснить, каким образом эту теорию можно поставить в соответствие экономической теории и что общее имеется у этих теорий. Наилучший путь для этого состоит в кратком описании природы некоторых фундаментальных экономических проблем с тем, чтобы это общее стало очевидным.

[1] Первые этапы этой работы были опубликованы: J. von Neumann. Zur Theorie der Gesellschaftspiele, Math. Ann., 100 (1928), 295—320. (Русский перевод: Дж. Нейман. К теории стратегических игр, в сб. «Матричные игры», Физматгиз, 1961, стр. 173—204). Дальнейшее развитие теории, равно как и более детальная разработка подхода, предложенного в цитированной статье, публикуются здесь впервые.

После того, как это будет сделано, станет ясным, что в установлении этого соответствия не только нет ничего искусственного, но что, напротив, теория стратегических игр является адекватным аппаратом для развития теории экономического поведения.

Было бы неправильным считать целью наших рассуждений одно лишь установление аналогии между двумя указанными теориями. После разбора нескольких правдоподобных систематизаций мы надеемся достаточно удовлетворительно показать, что типичные задачи экономического поведения оказываются вполне тождественными с математическими понятиями соответствующих стратегических игр.

1.2. Трудности в применении математического метода

1.2.1. Уместно начать с некоторых замечаний, касающихся природы экономической теории, и кратко обсудить вопрос о роли, которую может сыграть математика в ее развитии.

Прежде всего отдадим себе отчет в том, что в настоящее время в экономической теории не существует универсальной системы и что если она и будет создана, то едва ли это произойдет в ближайшее время. Причина этого кроется просто в том, что экономика является слишком сложной наукой для того, чтобы можно было быстро осуществить построение такой системы, особенно если иметь в виду крайнюю ограниченность знаний, а также несовершенство описания фактов, с которыми приходится иметь дело экономисту. Только тот, кто недооценивает эти обстоятельства, может склоняться к попыткам построения универсальной системы. Даже в науках, ушедших по сравнению с экономикой далеко вперед, как, например, в физике, в настоящее время нет универсальной системы.

Продолжим сравнение с физикой. Иногда кажется, будто та или иная физическая теория дает базис для универсальной системы; однако каждый раз вплоть до настоящего времени такие иллюзии сохранялись в лучшем случае в течение десятка лет. Повседневная работа физиков, конечно, не связана со столь высокими целями, а касается скорее тех задач, которые уже достаточно «созрели». По-видимому, в физике вообще не было бы прогресса, если бы делались серьезные попытки форсированно принуждать физиков к построению общей теории. Работа физиков связана с решениями конкретных задач большей или меньшей практической значимости. Этот стиль работы дополняется объединением отраслей науки, считавшихся прежде разобщенными и далекими друг от друга. Однако явления последнего типа редки и происходят лишь после того, как каждая из отраслей уже оказывается достаточно изученной. Учитывая тот факт, что экономика является значительно более трудной и менее изученной наукой, находящейся к тому же на гораздо более ранней ступени своего развития, чем физика, не следует ожидать в экономике большего, чем разработок указанного типа.

Отметим, далее, что различия в научных вопросах делают необходимым использование различных методов, которые в дальнейшем могут быть отброшены, как только будут предложены лучшие. Отсюда вытекают два следствия. В некоторых отраслях экономики наиболее плодотворным является тщательное, заботливое описание фактов; действительно, это является наиболее обширной областью исследования как в настоящее время, так и в ближайшем будущем. С другой стороны, уже может оказаться возможным развитие точной теории, и для этого требуется использование математики.

Фактически математика уже использовалась в экономической теории, быть может, даже в большей степени, чем это следовало бы. Во всяком случае, ее использование не было особенно успешным. Это явление противоположно тому, что наблюдалось в других науках, где математика применялась с большим успехом, так что большинство наук теперь едва ли может успешно развиваться без ее применения. Однако объяснить это явление можно совсем просто.

1.2.2. Дело отнюдь не в том, что существуют какие-то кардинальные причины, по которым математику нельзя использовать в экономике. Часто аргументация против применения математики состоит из ссылок на субъективные элементы, психологические факторы и т. п., а также на то, что для многих важных факторов до сих пор нет способов количественного измерения. Эту аргументацию следует отбросить, как совершенно ошибочную. Почти все эти возражения уже приводились или могли приводиться несколько столетий тому назад по поводу тех наук, в которых ныне математика является основным средством анализа. Выражение «могли приводиться» понимается в следующем смысле. Представим себе, что мы живем в период, предшествующий математической или почти математической фазе развития физики, т. е. в XVI веке, или в аналогичную эпоху для химии и биологии, т. е. в XVIII веке.

Для тех, кто относится скептически к применению математики в экономике, заметим, что положение дел в физических или биологических науках на этих ранних этапах едва ли было лучше, чем в настоящее время в экономике.

По поводу отсутствия способов измерения большинства важных факторов достаточно сослаться на пример теории теплоты, который является наиболее поучительным; до развития математической теории возможности количественных измерений здесь были еще менее благоприятными, чем теперь в экономике. Точные измерения количества и качества тепла (энергия и температура) были следствием, а не предпосылкой математической теории. Это должно представляться особенно наглядным при сопоставлении с тем фактом, что количественные и точные понятия цен, денег и процента с капитала выработались уже несколько столений тому назад.

Следующая группа возражений против возможностей количественных измерений в экономике сосредоточивается вокруг невозможности безграничного дробления экономических величин. Это, дескать, несовместимо

с применением инфинитезимальных исчислений и, следовательно (!), математики. Трудно поверить, что эти возражения поддерживаются одновременно с существованием атомистических теорий в физике и химии, квантовой теории в электродинамике и т. д. и наличием общеизвестных успехов математики в этих дисциплинах.

Здесь же уместно упомянуть другой часто встречающийся в экономической литературе аргумент, который также можно рассматривать как возражение против математических методов.

1.2.3. Для освещения концепций, которые мы будем прилагать к экономике, мы приводим и будем приводить далее некоторые иллюстрации из физики. Многие социологи возражают против проведения таких параллелей по различным причинам, среди которых обычно приводится и утверждение о том, что экономические теории не могут моделироваться по образцу физических, так как в них приходится принимать в расчет психологические факторы и т. д. Подобные утверждения по меньшей мере незрелы. Несомненно, представляется разумным вскрыть, что именно привело к прогрессу в других науках, и исследовать, почему применение этих принципов не может привести к прогрессу и в экономике. Если же действительно возникнет необходимость приложения к экономике каких-то иных принципов, то это может обнаружиться только в процессе фактического развития экономической теории. Это само по себе будет переворотом в науке. Но так как почти наверно мы еще такого состояния не достигли и никоим образом не ясно, что возникает необходимость использования совершенно новых научных принципов, было бы неразумным рассматривать что-либо иное, чем трактовку задач, тем способом, который уже привел к построению физической науки.

1.2.4. Итак, причины, в силу которых применение математики к экономике не давало успеха, лежат в чем-то другом. В значительной мере отсутствие реальных успехов в этом направлении объясняется комбинацией неблагоприятных обстоятельств, части которых мы будем постепенно касаться. Начнем с того, что экономические задачи не формулируются ясно, а приводятся часто в столь неопределенных терминах, что их математическая трактовка априори становится безнадежной, так как неясно даже, о какой проблеме идет речь. Точки приложения точных методов не может быть там, где нет ясности ни в концепциях, ни в вопросах, к которым эти методы должны прилагаться. Следовательно, первая задача состоит в прояснении знаний о предмете посредством дальнейшей тщательной описательной работы. Однако даже в тех разделах экономики, в которых задача описания разрешалась более удовлетворительно, математический аппарат редко используется адекватно. Либо он применяется несоответствующим образом (например, в попытках определить общее экономическое равновесие путем простого подсчета числа уравнений и числа неизвестных), либо он сводится к простому переводу с литературного языка математических символов без последующего математического анализа.

Далее, эмпирическая основа экономической науки совершенно неудовлетворительна. Наши знания о существенных фактах в области экономики несравненно меньше, чем знания, которыми мы располагали в физике к тому моменту, когда была достигнута ее математизация. В самом деле, решающий перелом, который произошел в физике в XVII веке (особенно в механике), был возможен единственно благодаря предшествующему развитию астрономии. Он опирался на несколько тысячелетий систематических научных астрономических наблюдений, достигших апогея в таком несравненном наблюдателе, как Тихо Браге. Ничего подобного в экономической науке не происходило. В физике было бы абсурдным ожидать появления Кеплера и Ньютона без Тихо,— и нет никаких оснований надеяться на более легкое развитие в экономике.

Эти очевидные соображения не следует рассматривать как дискредитацию статистико-экономических исследований, которые дают реальную надежду на прогресс в соответствующих направлениях.

Вследствие перечисленных выше обстоятельств математическая экономика не достигла особенно многого. Лежащие в существе дела неопределенность и незнание не были рассеяны неадекватным и не соответствующим делу использованием мощного инструмента, с которым к тому же очень трудно работать.

В свете этих замечаний мы можем описать нашу позицию следующим образом. Цель настоящей книги далека от направления эмпирических исследований. Прогресс этой стороны экономической науки в необходимом направлении, очевидно, является задачей весьма большой важности. Можно надеяться, что в результате успехов научной методики, а также опыта, полученного в других областях, развитие описательной экономики не потребует такого большого времени, как это может показаться, если иметь в виду пример астрономии. Однако, во всяком случае, представляется, что эта задача по своей трудности превосходит пределы любой индивидуально планируемой программы.

Мы попытаемся воспользоваться некоторым общественным опытом, касающимся человеческого поведения, который поддается математической интерпретации и важен с экономической точки зрения.

Мы считаем, что возможность математического истолкования этих явлений опровергает «фундаментальные» возражения, приведенные в п. 1.2.2.

Однако далее будет видно, что этот процесс математизации вовсе не является тривиальным. Действительно, приведенные выше возражения отчасти имеют своим источником очевидные трудности, которые возникают при всяком непосредственном математическом подходе. Мы считаем необходимым изложить математический аппарат, не употреблявшийся до сих пор в математической экономике, и может случиться, что дальнейшие исследования в этой области приведут в будущем к созданию новых математических дисциплин.

В заключение отметим, что чувство неудовлетворенности математи-

ческими интерпретациями экономической теории в значительной степени объясняется тем, что они часто дают не столько доказательства, сколько утверждения, которые не лучше, чем те же утверждения, высказанные в словесной форме. Обычно доказательства отсутствуют потому, что математический аппарат применяется к областям, которые настолько обширны и сложны, что еще в течение долгого времени — до тех пор, пока не будет накоплено больше эмпирических фактов,— едва ли можно ожидать серьезного прогресса от одного только увеличения дозы математики. Тот факт, что эти области атакуются таким путем (например, теория экономических флуктуаций, временная структура производства и т. д.), показывает только, что сопровождающие этот процесс трудности недооцениваются. В действительности эти трудности огромны, и мы не чувствуем себя достаточно подготовленными для их преодоления.

1.2.5. Мы останавливались на природе и возможностях тех изменений в математическом аппарате — и, по существу, в самой математике,— которые может вызвать успешное приложение математики к новым предметам. Представляется важным бросить перспективный взгляд на эти изменения.

Не следует забывать, что эти изменения могут быть весьма значительными. Решающая фаза приложений математики в физике — создание Ньютоном рациональной механики — не может быть отделена от открытия инфинитезимальных исчислений. (Имеются и другие примеры, хотя ни один из них не является более ярким.)

Важность социальных явлений, обилие и многообразие их проявлений, а также сложность их структуры по меньшей мере такие же, как и в физике. Поэтому следует ожидать (или опасаться), что для достижения в этой области решающих успехов потребуются математические открытия, сопоставимые с открытием инфинитезимальных исчислений. (Между прочим, с этой точки зрения наши предлагаемые попытки должны рассматриваться с известной скидкой.) Тем более маловероятно, что простое повторение тех математических приемов, которые нам помогали в физике, поможет нам и в экономике. Вероятность этого покажется еще меньше, когда мы увидим, что в наших рассуждениях появляются математические задачи, совершенно отличные от задач, встречающихся в физике.

Эти соображения следует иметь в виду в связи с имеющим место в наши дни злоупотреблением в использовании дифференциального и интегрального исчислений, дифференциальных уравнений и т. д. как основного метода в математической экономике.

1.3. Необходимые ограничения целей исследования

1.3.1. Вернемся к высказанному ранее положению о том, что необходимо начинать с тех задач, которые описаны отчетливо, даже если они окажутся не столь уж важными с любой другой точки зрения. Кроме того, следует добавить, что изучение этих «удобоваримых» задач может

привести к результатам, которые уже хорошо известны, но точные доказательства которых тем не менее не были еще найдены. Пока эти доказательства не даны, соответствующая теория попросту не существует как научная теория. Движения планет были известны задолго до того, как их траектории были вычислены и объяснены теорией Ньютона. То же справедливо для многих более узких и менее драматических ситуаций. Аналогично этому многие результаты экономической теории — скажем, неопределенность двусторонней монополии — могут быть уже известны. Тем не менее весьма интересно вывести их снова из некоторой точной теории. То же самое может и должно быть сказано практически обо всех установленных к настоящему времени экономических теоремах.

1.3.2. Наконец, можно было бы добавить, что мы не предлагаем поднимать вопрос о практической значимости рассматриваемых проблем. Это согласуется с тем, что было сказано выше о выборе областей для приложения теории. Здесь положение дел не отличается от положения в других науках. В них наиболее важные с практической точки зрения вопросы также могли оставаться вне сферы досягаемости в течение длительных и плодотворных периодов развития этих наук. Подобное положение, конечно, все еще имеет место и в экономике, где проблемами первостепенной важности являются стабилизация занятости, увеличение национального дохода или его справедливое распределение. Никто не может по-настоящему ответить на эти вопросы, и мы не должны претендовать на то, чтобы дать на них научно обоснованные ответы уже в ближайшее время.

Подлинный прогресс в любой науке наступал тогда, когда в ходе изучения задач, которые были скромными по сравнению с окончательными целями, развивались методы, которые можно было обобщать все дальше и дальше. Свободное падение является весьма простым физическим явлением; однако именно изучение этого чрезвычайно простого факта и его сравнение с накопленным в астрономии материалом вызвало к жизни механику.

Нам кажется, что к экономике следует подходить с таким же уровнем скромности. Было бы несерьезно пытаться объяснить и притом «систематическим» образом — все экономическое. Правильный подход состоит в том, чтобы добиться сначала наибольшей возможности точности и совершенства в некоторой ограниченной области, затем перейти к другой, несколько более широкой области и т. д. Это покончило бы также с нездоровой практикой применения так называемых теорий к экономическим и социальным реформам, где они никоим образом не могут быть полезными.

Мы считаем, что необходимо знать как можно больше о поведении индивидуума и о простейших формах обмена. Эта точка зрения была в действительности принята с примечательным успехом основателями школы материальной полезности, но тем не менее она не является общепринятой. Экономисты часто нацеливаются на более широкие, более жи-

вотрепещущие проблемы и отмахиваются от всего, что мешает им высказывать утверждения относительно этих проблем. Опыт более развитых наук, например физики, показывает, что подобное нетерпение только тормозит продвижение вперед, включая продвижение в исследовании этих животрепещущих проблем. Нет никаких оснований предполагать существование коротких путей.

1.4. Заключительные замечания

1.4. Важно осознать, что экономисты не могут надеяться на более легкую судьбу, чем та, которая постигла ученых других специальностей. Представляется разумным ожидать, что они должны будут прежде всего рассмотреть проблемы, заключающиеся в самых простых фактах экономической жизни, и пытаться построить теории, объясняющие их и действительно соответствующие нормам научной строгости. Мы можем иметь достаточную уверенность в том, что, начав с этого, экономическая наука будет развиваться дальше, постепенно охватывая области все более значительные по сравнению с теми, с которых нужно начинать [1].

Область, охватываемая этой книгой, весьма ограниченна, и мы подходим к ней со всей скромностью. Мы совершенно не заботимся о том, согласуются ли результаты наших исследований со взглядами, высказанными недавно или принятыми в течение долгого времени, ибо по-настоящему важным является постепенное развитие теории, основанное на тщательном анализе обычной повседневной интерпретации экономических фактов. Этот предварительный этап по необходимости является эвристическим. Иначе говоря, он состоит в переходе от нематематических правдоподобных рассмотрений к формальному математическому аппарату. Полученная в результате теория должна быть математически строгой и концептуально целостной. Ее первые приложения необходимо должны ограничиваться элементарными задачами, в которых окончательный результат не подвергается никакому сомнению и где фактически никакой теории не требуется. На этом раннем этапе приложения служат лишь для подтверждения теории. Следующий этап начинается, когда теорию применяют к несколько более сложным ситуациям; здесь теория уже в определенных пределах может вывести за рамки очевидного и привычного. И уже вслед за этим простирается область подлинного успеха — правильные теоретические предсказания. Хорошо известно, что все математизированные науки прошли через эти последовательные этапы развития.

---

[1] Подобное начало имеет и определенный практический смысл, поскольку формы обмена между несколькими индивидуумами в точности совпадают с теми, которые наблюдаются на некоторых важнейших рынках современной промышленности или же при товарообмене между странами в международной торговле.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАШИНА И МОЗГ

Введение

Поскольку я не невролог и не психиатр, а математик, предлагаемая работа нуждается в известном объяснении и оправдании. Это — подход к пониманию нервной системы с точки зрения математика. Однако обе части этой формулировки следует тут же уточнить.

Во-первых, в словах «подход к пониманию» кроется некоторое преувеличение; это просто до известной степени систематизированные соображения о том, как должен осуществляться такой подход. Иначе говоря, я пытаюсь угадать, какие из возможных математически намечаемых направлений выглядят — в той туманной дали, в какой предстает перед нами большинство из них,— многообещающими и какие заведомо невыгодными. Я представлю также некоторые рациональные обоснования этих догадок.

Во-вторых, выражение «точка зрения математика» в данном контексте должно пониматься не так, как обычно: на первый план здесь выступают логические и статистические аспекты, а не общематематический аппарат. Кроме того, логика и статистика будут рассматриваться здесь по преимуществу — хотя и не исключительно — как основные орудия «теории информации». Предметом этой «теории информации» по большей части будет та совокупность опытных данных, которая накопилась в связи с проектированием и расчетом сложных логических и математических автоматов и программированием задач для них. Наиболее типичным, хотя и не единственным примером таких автоматов являются, конечно, большие электронные вычислительные машины.

Замечу, между прочим, что было бы очень хорошо, если бы можно было говорить о «теории» таких автоматов. К сожалению, то, что существует в настоящее время — и к чему я вынужден буду обращаться, представляет собой всего лишь слабо связанную и недостаточно формализованную «совокупность опытных данных».

Наконец, главная моя цель состоит в том, чтобы выявить совсем другой аспект рассматриваемой проблемы. Мне кажется, что более глубокое математическое исследование нервной системы — «математическое» в указанном выше смысле — повлияет на наше понимание тех сторон самой математики, которые будут затронуты этим исследованием. Фактически оно может изменить нашу точку зрения на собственную математику и логику. Ниже я попытаюсь обосновать это мнение.

X. ФИЗИКА XX ВЕКА



СКЛОДОВСКАЯ КЮРИ

(1867—1934)

Мария Склодовская родилась в семье учителя физики Варшавской гимназии. Гимназию Мария окончила с золотой медалью; однако на родине она не смогла продолжить образование, особенно после преследований, связанных с участием в кружках революционной польской молодежи. С большим трудом ей удалось в 1891 г. поступить в Сорбонну. Несмотря на тяжелые материальные условия, она через два года получила степень магистра физики, а затем — математики. С 1895 г. она начала работать в области магнетизма в лаборатории Пьера Кюри. Блестящий французский физик П. Кюри был уже известен своими работами в области магнетизма, симметрии кристаллов; вместе с братом он открыл явление пьезоэлектричества. Вскоре Мария Склодовская стала женой Пьера Кюри.

В 1897 г. Мария Кюри начала исследования недавно открытого Беккерелем явления проникающих излучений соединений урана. В июле 1898 г. Кюри объявили об открытии первого радиоэлемента, названного в честь родины Марии полонием; через несколько месяцев был идентифицирован радий, а новое явление было названо радиоактивностью. После четырех лет упорного труда, переработав вручную на старом складе Физико-химической промышленной школы более тонны урановой руды, Ма-

рии удалось выделить чистый хлорид радия. Открытие радиоактивности, естественных радиоактивных элементов полония и радия было отмечено Нобелевской премией по физике в 1903 г., которую супруги Кюри разделили с Беккерелем.

В 1906 г. Пьер Кюри трагически погиб под колесами ломовика. Мария заняла кафедру мужа в Сорбонне, которую тот получил всего только за два года до смерти, и стала первой женщиной-профессором этого прославленного, но консервативного университета. В последующие годы, продолжая исследования в области радиохимии, науки по существу ею созданной, она вместе с Дебьерном получила металлический радий. Эти исследования были отмечены Нобелевской премией 1911 года по химии.

В 1914 г. в Париже был открыт Радиевый институт, где Мария Склодовская-Кюри возглавила лабораторию радиоактивности. Во время первой мировой войны она все силы способного и деятельного организатора бросила на создание радиологической службы французской армии. После войны Мария Склодовская-Кюри вернулась в Радиевый институт; главным образом ее усилиями он превратился в центр исследований по радиоактивности, в котором работали ученые многих стран. Она также была почетным директором Варшавского института радия, построенного по национальной подписке в Польше еще до войны. Мария Склодовская-Кюри была членом многих академий мира. Человек исключительной скромности, она обладала редкой целеустремленностью и упорством; вся ее жизнь служит замечательным примером самоотверженного служения науке. Она умерла от лейкемии, возникшей от лучевой болезни, приобретенной за многие годы работы с радиоактивными веществами.

Старшая дочь Марии — Ирен стала физиком; вместе со своим мужем Фредериком Жолио-Кюри она открыла явление искусственной радиоактивности. Младшая дочь — Ева стала писательницей; ее перу принадлежит «Жизнь Марии Кюри» (1938).

Мы приводим предисловие к диссертации Марии Склодовской-Кюри «Исследование радиоактивных веществ», представленной в 1902 г. Факультету естественных наук Парижского университета на соискание ученой степени доктора физических наук.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Настоящий труд имеет целью изложение исследований, которые я проводила в течение четырех лет над радиоактивными веществами. Я начала эти изыскания с изучения лучеиспускания урана, открытого Беккерелем. Результаты моей работы показались настолько интересными, что Кюри, оставив свою работу, присоединился ко мне, и мы оба направили наши усилия на получение новых радиоактивных веществ и их изучение.

С начала наших работ мы сочли долгом поделиться образцами открытых и приготовленных нами веществ с некоторыми учеными, прежде всего с Беккерелем, которому принадлежит открытие лучей урана. Таким образом мы сами способствовали исследованию другими новых радиоактивных веществ. После первых наших сообщений Гизель в Германии

также принялся за приготовление этих веществ и дал образцы их нескольким немецким ученым. Эти вещества стали продаваться во Франции и Германии, и исследования их, становясь все более и более интересными, дали начало целому научному направлению, о чем свидетельствуют многочисленные сочинения о радиоактивных веществах, появившиеся главным образом за границей. Результаты различных работ французских и иностранных ученых перемешались, как это всегда бывает при изучении новых предметов. Взгляды на этот вопрос изменяются, можно сказать, с каждым днем. Однако, с химической точки зрения, один факт несомненно установлен: *это существование нового элемента — радия, обладающего сильной радиоактивностью.* Приготовление чистого хлористого радия и определение атомного веса составляет главную часть моего личного труда.

Одновременно с открытием нового простого тела с весьма замечательными свойствами установлен и доказан новый метод химических исследований. Этот метод, основанный на радиоактивности, принятой как атомное свойство вещества, и есть тот метод, который дал возможность нам, Кюри и мне, открыть существование радия.

Если с химической точки зрения вопрос, первоначально поставленный нами, может считаться решенным, то изучение физических свойств радиоактивных веществ еще не вполне закончено. Правда, некоторые главные положения уже установлены, но большая часть выводов еще носит гадательный характер и в этом нет ничего удивительного, если принять во внимание сложность явлений, зависящих от радиоактивности и различия, какое существует между разными радиоактивными веществами. Исследования разных ученых, изучающих эти вещества, постоянно сходятся и расходятся. Сообразуясь с целью этого труда и излагая мои собственные исследования, я должна в то же время изложить результаты других исследований, знакомство с которыми необходимо.

В этом сочинении я хотела сгруппировать все исследования, касающиеся этого вопроса.

Эту работу я производила в лабораториях Физико-химической промышленной школы Парижа с разрешения бывшего директора этой школы Шютценберга и настоящего ее директора Лаута. Пользуясь случаем, выражаю мою благодарность за радушный прием, какой я встретила в этой школе.

Историческая часть

Открытие явлений радиоактивности связано с исследованиями, которые начались со времени открытия лучей Рентгена при помощи фотографирования эффектов, даваемых фосфоресцирующими и флуоресцирующими веществами.

Первые стеклянные трубки, производящие лучи Рентгена, были без металлического антикатода. Источник лучей Рентгена находился на стеклянной стенке, на которую падали катодные лучи, причем эта стенка

сильно флуоресцировала. Таким образом, возникает вопрос, не сопровождает ли появление лучей Рентгена непременно флуоресценцию, какова бы ни была причина этой последней? Эта мысль была высказана впервые А. Пуанкаре[1]. Спустя немного времени, Анри сообщил, что он получил фотографические отпечатки через черную бумагу при помощи фосфоресцирующего сернистого цинка[2]. Нивенгловский наблюдал то же явление с сернистым кальцием, выставленным на свет[3]. Наконец, Трост получил четкие фотографические отпечатки от искусственной фосфоресцирующей (кристаллической) гексагональной цинковой обманки, действующей через черную бумагу и толстый картон[4]. Выше перечисленные опыты не могли быть воспроизведены, несмотря на многочисленные попытки, предпринятые с этой целью. Впрочем, нельзя принимать за доказанное, что сернистый цинк и сернистый кальций способны испускать, под влиянием света, невидимые лучи, которые проникают через черную бумагу и действуют на фотографические пластинки.

Беккерель производил аналогичные опыты с солями урана, из которых некоторые флуоресцируют[5]. Он получал фотографические отпечатки через черную бумагу от действия двойной сернокислой соли уранила и калия.

Беккерель сначала думал, что эта соль, будучи флуоресцирующей, действует как сернистый цинк и сернистый кальций в опытах Анри, Нивенгловского и Троста; однако ряд его опытов показал, что наблюдаемое явление совсем не связано с флуоресценцией: нет необходимости, чтобы соль была освещена; больше того, уран и все его соединения, как флоуресцирующие, так и нефлуоресцирующие, действуют одинаково, причем металлический уран — самый активный. Вскоре Беккерель нашел, что соединения урана, помещенные в абсолютной темноте, сохраняют в продолжение нескольких лет способность делать отпечатки на фотографических пластинках через черную бумагу. Беккерель признал, что уран и его соединения дают особые лучи — *урановые лучи*. Он доказывал, что эти лучи могут проникать через тонкие металлические экраны и что они разряжают наэлектризованные тела. Он производил опыты, после которых пришел к заключению, что лучи урана отражаются, преломляются и поляризуются.

Труды других ученых (Эльстера и Гейтеля, лорда Кельвина, Шмидта, Резерфорда, Бетти и Смолуховского) подтвердили и дополнили результаты исследований Беккереля, за исключением той части исследований, которая касается отражения, преломления и поляризации лучей урана. Лучи урана в отношении отражения, преломления и поляризации обладают такими же свойствами, как лучи Рентгена, что раньше обнаружил Резерфорд, а затем уже Беккерель.

[1] Revue Générale des Sciences, 30 janvir 1896.
[2] Comptes rendus, t. CXXII, p. 312.
[3] Comptes rendus, t. CXXII, p. 386.
[4] Comptes rendus, t. CXXII, p. 564.
[5] Becquerel, Comptes rendus, 1896 (несколько сообщений).



ДЖ. ТОМСОН

(1856—1940)

Джозеф Джон Томсон родился в Манчестере. Намереваясь стать инженером, он поступил в колледж Оуэна. Но вскоре его отец, который был букинистом, умер, и Томсон из-за недостатка средств не мог продолжить свое техническое образование. Однако, изучив математику, физику и химию, ему в 1876 г. удалось получить стипендию в Тринити-колледж, и именно с Кембриджским университетом связана вся дальнейшая академическая жизнь Томсона, или «Джи-Джи», как его называли в среде физиков.

Первые работы Томсона были посвящены развитию максвелловской электродинамики. Задача о движении заряженного шара привела Томсона к выводу об увеличении кажущейся массы заряда за счет энергии электрического поля. Впоследствии этот результат, развитый Пуанкаре, получил свое завершение в теории электрона и в механике теории относительности. Диссертация Томсона была посвящена объяснению ряда физических и химических явлений, исходя из общих принципов механики и электродинамики (ср. стр. 207).

Получив степень доктора, Томсон начинает работать в Кавендишской лаборатории, а в 1884 г., после ухода Рэлея, 28-летний Томсон был назначен ее директором — третьим Кавендишским профессором. На этом посту он пробыл до 1918 г., когда его

сменил его же ученик Резерфорд. С этого года и до конца своей жизни Томсон возглавлял Тринити-колледж. Он похоронен в Вестминстерском аббатстве.

Исследования газового разряда привели Томсона к открытию носителей элементарного отрицательного заряда — электронов. В 1906 г. за эти работы Томсону была присуждена Нобелевская премия. Обратившись к исследованию положительных ионов, Томсон вместе со своим учеником Астоном открыл стабильные изотопы. В Кавендишской лаборатории тогда же работал Ч. Т. Р. Вильсон, чьи исследования по физике облаков и конденсации пара на ионах привели к изобретению так называемой камеры Вильсона — важнейшего инструмента экспериментальной физики, позволившего воочию увидеть следы ядерных частиц.

Мы приводим предисловие к монографии Дж. Дж. Томсона «Прохождение электричества через газы».

ПРОХОЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ЧЕРЕЗ ГАЗЫ

В этом сочинении я попытался развить точку зрения на проводимость электричества через газы, объясняющую ее наличием в газе малых частиц, заряженных электричеством. Под влиянием электрических сил эти частицы, которые мы называем ионами, движутся от одной части газа к другой. Моя цель состоит в том, чтобы показать, как многие явления, сопровождающие прохождение электричества через газы, могут быть согласованно объяснены на основе этой концепции, а не пытаться привести полное описание бесчисленных исследований, посвященных электрическим свойствам газов. Поэтому я ограничился главным образом теми явлениями, которые дают достаточно точные данные, служащие доказательством истинности этой теории. Книга содержит материал тех лекций, которые читались в Кавендишской лаборатории, где много внимания было уделено этим вопросам и где значительное число физиков над ними работало.

Исследование электрических свойств газов, по-видимому, является исключительно обещающей областью исследования природы электричества и строения вещества. Благодаря кинетической теории газов наши представления о происходящих в газах процессах, отличных от электрических, гораздо более наглядны и четки, чем для жидкостей или твердых тел. Поэтому развитие этих вопросов было весьма стремительным, и я думаю, что сейчас справедливо утверждение, что как наше знание, так и понимание процессов, происходящих при прохождении электричества через газ, больше того, что достигнуто в случае твердых тел или жидкостей. То, что ионы обладают зарядом, в значительной степени об-

легчает возможность прослеживать их движение и дает возможность полнее изучить их свойства; так читатель увидит, что мы сейчас существенно больше знаем о ионах, чем о незаряженных молекулах.

С открытием и исследованием катодных лучей, лучей Рентгена и радиоактивности начата новая эра в физике, в которой электрические свойства газов играли и будут играть очень важную роль. Отношение этих открытий к проблеме строения вещества и природы электричества исключительно тесно связано с принятой нами точкой зрения на процессы, происходящие при прохождении электричества через газ. Я попытался показать, что точка зрения, принятая в этой книге, подтверждается большим количеством прямых доказательств и дает прямые и простые объяснения электрических свойств газов.

Под давлением различных других моих обязанностей печатание этой книги затянулось; некоторые важные исследования были опубликованы после того, как соответствующие листы книги были отпечатаны. Краткое изложение их я дал в Дополнительных замечаниях.

Я благодарен г-ну Ч. Т. Р. Вильсону, члену Королевского общества, за помощь в чтении корректур. Г-ну Хайлсу из Кавендишской лаборатории я обязан приготовлением рисунков.

Кавендишская лаборатория, Кембридж.
Август, 1903 г.



РЕЗЕРФОРД

(1871—1937)

Эрнест Резерфорд родился в Новой Зеландии. Отец его был колесным мастером, мать — учительницей. Эрнест был четвертым в семье из 12 детей. Среднее образование он получил в колледже городка Нельсон, недалеко от родной фермы.

В 1889 г. Резерфорд стал студентом Кентерберийского колледжа в Крайстчерче. В 1895 г., получив персональную стипендию, Резерфорд приехал в Англию и начал работать в Кембридже, в Кавендишской лаборатории. Там он продолжил свои исследования, начатые в Крайстчерче; ему удалось одному из первых установить радиосвязь на расстоянии около километра, детектируя радиоволны по намагничиванию тонких стальных иголок. Однако он оставил эти работы и, по предложению Дж. Дж. Томсона, в 1896 г. занялся изучением проводимости воздуха, возникающей под действием ионизирующего излучения — открытых тогда лучей Рентгена.

В 1898 г. Резерфорд уехал в Канаду, став профессором физики в Монреале; там он занялся изучением явления радиоактивности, применив разработанный им метод ионизационной камеры. Резерфордом были открыты и изучены свойства α- и β-лучей, открыты эманации радия и тория. Совместно с Содди в 1903 г. он предложил теорию превращений радиоактивных элементов.

В 1907 г. Резерфорд вернулся в Англию и получил кафедру физики в Манчестере. Исследуя рассеяние α-лучей, он пришел к идее модели атома, известной как модель Резерфорда, и впервые определил размеры атомного ядра. В 1908 г. Резерфорд получил Нобелевскую премию (по химии!). В 1918 г. ему удалось впервые наблюдать превращение ядра азота в кислород под действием α-частиц,— превращение одного элемента в другой. В 1919 году Резерфорд стал директором Кавендишской лаборатории, которым он оставался до своей безвременной кончины после неудачной операции. Резерфорд похоронен в Вестминстерском аббатстве.

Резерфорд, целеустремленно и преданно служивший науке, оказал значительное влияние на последующее развитие физики не только собственными исследованиями, но и через многочисленных своих учеников. Резерфорд утверждал, что «нельзя служить Минерве и Маммоне одновременно», и его мало интересовали практические последствия исследований. Так, известно его заявление о том, что он не верит в скорое применение ядерной энергии; однако ничто так не способствовало наступлению ядерного века, как его работы и открытие О. Ханом — некогда его сотрудником — явления деления урана.

Мы приводим предисловие и введение к первой книге Резерфорда «Радиоактивность», опубликованной в 1904 г.

РАДИОАКТИВНОСТЬ

Предисловие

В этой книге я предпринял попытку дать, с физической точки зрения, полное и связное описание свойств естественных радиоактивных тел. Несмотря на новизну предмета, наши познания свойств радиоактивных веществ развиваются очень быстро и в настоящее время есть обширная информация по этому вопросу, рассеянная по множеству различных научных журналов.

Явления, наблюдаемые у радиоактивных тел, исключительно сложны. Поэтому существенно необходима какая-то форма теории для того, чтобы разумным образом связать накопленную в настоящее время массу экспериментальных фактов. Я нашел, что теория того, что атомы радиоактивных тел претерпевают спонтанный распад, оказывается исключительно полезной не только для установления связи объяснения известных явлений, но также и для предсказания новых направлений исследования.

Интерпретация результатов в значительной мере основана именно на теории распада и тех следствиях, которые логически получаются от приложения этой теории к явлениям радиоактивности.

Стремительное продвижение наших знаний о радиоактивности зависит от сведений, полученных ранее в исследованиях по электрическим

свойствам газов. На действии, оказываемом излучениями радиоактивных тел, образующих заряженные носители тока или ионы в газе, основан точный количественный метод исследования свойств излучений и процесса радиоактивности. Этот метод дает также возможность определить с достаточной достоверностью порядки различных величин, с которыми приходится иметь дело.

По этим причинам было решено дать краткое изложение электрических свойств газов, необходимое в той степени, которая нужна для интерпретации результатов измерений радиоактивности электрическим методом. Глава о ионной теории проводимости газов была написана до выхода в свет недавней книги Дж. Дж. Томсона «Прохождение электричества через газы», в которой весь этот вопрос изложен полным и последовательным образом.

Нами также добавлена короткая глава о методах измерений, которые, по опыту автора и других, наиболее подходящи для точных исследований в радиоактивности. Можно надеяться, что это описание поможет тем, кто захочет практически ознакомиться с методами, использованными при измерении радиоактивности.

Я благодарен г-ну В. Ч. Дампье Ветхаму, члену Королевского общества, одному из редакторов кембриджской серии книг по физике, за многочисленные ценные замечания и за большое внимание и труд, который он взял на себя при чтении корректур. Я также очень обязан моей жене и мисс Х. Брукс за помощь в просмотре корректур и г-ну Р. К. Мак Клангу за сверку указателя.

Физический корпус Макдональда, Монреаль.
Февраль 1904 г.

Глава I

РАДИОАКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Введение

Конец прошлого и начало нового века отмечены очень быстрым возрастанием наших знаний в области исключительно важной, но сравнительно мало известной — связи между электричеством и материей. Никакие другие области науки не были столь полны неожиданностями для исследователя как по исключительности природы наблюдаемых явлений, так и по тем законам, которые управляют ими. Чем больше этот вопрос изучали, тем сложнее оказывалось строение вещества, которое может быть причиной удивительных наблюдаемых явлений. В то время как экспериментальные результаты привели нас к взгляду о сложности строения атома, они одновременно лишь сильнейшим образом подтвердили старую теорию о прерывной или атомной структуре материи. Изучение радиоактивных веществ и прохождение электричества через газы предо-

ставило очень сильные экспериментальные свидетельства в подтверждение основных идей существующих кинетических теорий. Это также указывало, что атом не является наименьшей материальной частицей, а сам является сложной структурой, составленной из ряда меньших тел.

Первоначальный толчок изучению этих вопросов был дан опытами Ленарда с катодными лучами и открытием Рентгеном X-лучей. Исследование электропроводности газов, возникающей под действием X-лучей, привело к ясной картине механизма передачи электричества через газы посредством заряженных ионов. Эта ионная теория проводимости газов дала удовлетворительное объяснение не только прохождению электричества через пламена и пары, но также тем сложным явлениям, которые наблюдаются при электрических разрядах в вакуумных трубках. В то же самое время дальнейшее исследование катодных лучей показало, что они состоят из потока материальных частиц, движущихся с большой скоростью и обладающих кажущейся массой, малой по сравнению с массой атома водорода. Была также выяснена связь между катодными лучами и рентгеновским излучением. Многие из этих блестящих экспериментальных исследований природы электрического разряда были проведены профессором Дж. Дж. Томсоном и его учениками в Кавендишской лаборатории в Кембридже.

Исследование природных веществ с целью выяснить, не дают ли они невидимых излучений наподобие X-лучей, привело к открытию радиоактивных тел, обладающих свойством самопроизвольного излучения не видимых глазом лучей, но обнаруживаемых по своему действию на фотографическую пластинку или по способности разряжать электрически заряженные тела. Детальное изучение радиоактивных веществ привело к открытию многих новых и удивительных явлений, которые пролили свет не только на природу самих излучений, но также и на процессы, происходящие в этих веществах. Несмотря на сложную природу этих явлений, наши знания по этому предмету продвигаются с большой стремительностью, и в настоящее время накоплено большое количество опытных данных.

Чтобы объяснить явление радиоактивности, предложена теория, в которой атомы радиоактивных элементов рассматриваются как способные к спонтанному распаду и порождению ряда радиоактивных веществ, химически отличающихся по своим свойствам от материнских элементов. Излучения, сопровождающие развал атомов, дают относительную меру скорости этих превращений. Эта теория удовлетворительно объясняет все известные сведения о радиоактивности и соединяет воедино массу разрозненных фактов в однородное целое. С этой точки зрения непрерывное излучение энергии от активных тел получается от внутренней собственной энергии атома и никоим образом не противоречит закону сохранения энергии. В то же самое время это указывает на громадные запасы скрытой энергии, находящейся в самих радиоатомах. Этот запас энергии прежде не наблюдался, потому что невозможно разрушить атомы эле-

ментов на более простые формы имеющимися в нашем распоряжении химическими и физическими силами.

По этой теории в радиоактивных телах мы являлись свидетелями истинного преобразования вещества. Этот процесс распада изучался не прямыми химическими методами, а по способности радиоактивных тел давать определенного вида излучение. За исключением лишь случая такого весьма активного элемента, как радий, процесс распада происходит настолько медленно, что понадобились бы сотни, если не тысячи лет для того, чтобы накопилось достаточное количество превращенных атомов, которые стали бы доступны обнаружению весами или спектроскопом. Однако в радии процесс распада происходит с такой скоростью, что и в ограниченное время можно получить четкое химическое доказательство его превращений. Недавнее доказательство того, что гелий может быть получен из радия, дает веское подтверждение этой теории; именно на гелий указывали как на возможный продукт распада радиоактивных элементов даже до получения экспериментальных тому доказательств. Если получение гелия из радия будет окончательно подтверждено, то дальнейшее изучение радиоактивных тел обещает открыть новые и важные области химических исследований.

В данной книге опытные факты о радиоактивности и связь между ними объясняются на основе теории распада. Многие явления можно наблюдать количественно, и основной упор сделан именно на работы такого рода. Именно согласие какой-либо теории с фактами, которые она пытается объяснить, должно в конечном итоге быть основано на данных точных измерений.

Ценность любой рабочей теории основана на той совокупности экспериментальных фактов, которые она может объяснить, и на ее способности предложить новые направления исследований. В этом отношении рабочая гипотеза распада, безотносительно к тому, будет ли в конечном итоге показана ее правильность или нет, уже оправдана по своим результатам.



ПЛАНК

(1858—1947)

Макс Карл Эрнст Людвиг Планк родился в Киле. Он вышел из семьи, в прошлом давшей Германии адвокатов, чиновников, ученых. Его интерес к физике зародился еще в гимназии Максимилиана в Мюнхене; он пронес через всю жизнь также и свою юношескую привязанность к классической филологии и музыке. В университете Планк учился сначала в Мюнхене, затем в Берлине, у Гельмгольца и Кирхгофа. Диссертация Планка была посвящена основаниям термодинамики — той области физики, которая лежала в центре его интересов во всей последующей деятельности. В 1880 г. он стал приват-доцентом в Мюнхене, через пять лет — профессором в Киле. После смерти Кирхгофа Планк занял его кафедру в Берлине, которой заведовал до своей отставки в 1928 г., когда эту кафедру принял Шредингер. Нобелевскую премию по физике Планк получил в 1918 г. В годы гитлеризма Планк был в оппозиции к фашистскому режиму; его сын за соучастие в заговоре против Гитлера был казнен в 1944 г.

Планк принимал деятельное участие в послевоенном восстановлении науки и культуры своей родины. Его именем названо основное научное общество ФРГ — общество Макса Планка.

Итог работ Планка в области теории изучения черного тела, приведших к открытию кванта действия, изложен в его монографии «Теория теплового излучения». Мы приводим предисловие к первому (1906) и второму изданию (1912) этой книги.

ТЕОРИЯ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Предисловие к первому изданию

Предлагаемая книга содержит основной материал лекций, которые я читал в зимнем семестре 1905—1906 года в Берлинском университете. Первоначально я предполагал объединить здесь лишь результаты моих собственных исследований по теории теплового излучения, начатых 10 лет назад. Однако оказалось желательным изложить также основы этой теории, начиная с закона Кирхгофа об испускательной и поглощательной способности тел; таким образом я попытался написать учебник, который мог бы одновременно служить и введением во всю теорию лучистой теплоты на термодинамической основе. Соответственно этому, изложение начинается с известных опытных законов оптики; постепенно обобщая их и пользуясь результатами электродинамики и термодинамики, я в результате перехожу к задаче о спектральном распределении энергии и к вопросу о необратимости. Часто при этом, руководясь существом вопроса или соображениями педагогического характера, я уклонялся от обычного способа изложения, в частности, при выводе закона Кирхгофа, при вычислении максвелловского светового давления, при выводе закона смещения Вина и обобщении его на излучение с произвольным спектральным распределением энергии. Результаты моих собственных исследований я везде в соответствующих местах включал в общее изложение.

Мне хочется здесь особо подчеркнуть, что развитая в книге теория не претендует ни в какой мере на вполне законченный характер, хотя, как мне кажется, она открывает целесообразный путь для изучения процессов излучения энергии с той же точки зрения, с какой рассматриваются молекулярные движения.

Мюнхен, 1906 г.

Предисловие ко второму изданию

Новейшее развитие физических исследований в общем и целом подтверждает специальную теорию, изложенную в этой книге, и в особенности гипотезу элементарных квантов действия. Прежде всего моя формула излучения до сих пор удовлетворительно оправдывалась даже при очень точных систематических измерениях, которые были предприняты в этом

году в Физико-техническом институте в Шарлоттенбурге. Основная мысль квантовой гипотезы, пожалуй, еще более непосредственно подтверждается значениями элементарных квантов материи и электричества, которые получаются на основании этой гипотезы. Двенадцать лет назад, когда я впервые вычислил величину элементарного кванта электричества и получил $4{,}69 \cdot 10^{-10}$ эл.-ст. единиц, наиболее достоверным считалось значение $6{,}5 \cdot 10^{-10}$, полученное Дж. Дж. Томсоном из его остроумных опытов с конденсацией водяного пара на газовых ионах, превышающее мое значение на 38%. С тех пор измерения значения этой величины, произведенные с помощью поразительно точных методов Резерфордом, Регенером, Перреном, Милликеном, Сведбергом и другими, все без исключения решали в пользу числа, которое получено из формулы излучения и лежит между значениями Перрена и Милликена.

Кроме двух упомянутых совершенно независимых друг от друга подтверждений, дальнейшей поддержкой квантовой гипотезы явилась тепловая теорема, установленная Нернстом. Эта теорема со всей ясностью указывает на то, что не только процессы излучения, но и молекулярные процессы имеют характер скачков, определяемых конечными элементарными квантами. Ведь и квантовая гипотеза и тепловая теорема Нернста могут быть сведены к тому простому положению, что «термодинамическая вероятность» некоторого физического состояния есть определенное целое число, или, что то же самое, что энтропия состояния имеет вполне определенное и притом положительное значение, минимум которого равен нулю, в то время как согласно классической термодинамике энтропия может безгранично уменьшаться вплоть до бесконечного отрицательного значения. Это положение в настоящее время я считал бы самой сущностью квантовой гипотезы.

Несмотря на удовлетворительное согласие всех указанных результатов между собой и с опытными данными, идеи, из которых они возникли, хотя и возбуждают очень большой интерес, но, насколько я могу судить, еще отнюдь не нашли себе всеобщего признания. Это связано с тем, что квантовая гипотеза до сих пор еще не достигла удовлетворительного завершения. В то время, как многие физики из консерватизма отвергают развитые мною соображения или занимают выжидательную позицию, другие авторы, напротив, считают необходимым дополнить мои соображения еще более радикальными предположениями. Таково, например, предположение, что распространение всякой лучистой энергии, даже в пустом пространстве, должно происходить неделимыми элементами или квантами. Так как для успешного развития новой гипотезы нет ничего вреднее, чем выход за предел ее применимости, то я всегда стоял за то, чтобы возможно теснее связать квантовую гипотезу с классической динамикой, нарушая границы последней только тогда, когда опытные факты не дают никакого другого выхода. Этой точки зрения я и старался все время придерживаться при переработке данной книги для нового издания.

Основной недостаток первоначального изложения заключался в том,

что оно начиналось с классических законов испускания и поглощения, а затем оказывалось необходимым, для согласования с результатами измерений, допущение конечных порций энергии, что находится в прямом противоречии с основами классической электродинамики. Правда, эта непоследовательность существенно сглаживается благодаря тому, что из классической электродинамики фактически заимствуют только средние значения энергии, тогда как в статистических подсчетах играют роль действительные значения; тем не менее такое изложение оставляло в целом у читателя некоторую неудовлетворенность,— неясно было, какое из предположений, допущенных вначале, могло быть окончательно оставлено, какое нет.

В противоположность этому я постарался с самого начала так построить изложение, чтобы ни одно из вводимых положений не приходилось в дальнейшем ограничивать, а тем более изменять. Этим достигается, по крайней мере, то, что изложенная здесь теория не содержит никаких внутренних противоречий; этим я отнюдь не хочу утверждать, что она не может быть улучшена во многих отношениях как по своей внутренней структуре, так и по части изложения. Я также не ставил себе задачей рассмотреть здесь многочисленные применения квантовой гипотезы в других областях физики, ставшие уже во многих случаях весьма важными; тем более в мою задачу не входил разбор всех воззрений, расходящихся с квантовой гипотезой.

Если таким образом и новое издание этой книги не может претендовать на то, чтобы дать окончательное и удовлетворительное во всех отношениях изложение теории теплового излучения, то для суждения о книге этот недостаток не будет все же решающим. Ведь тот, кто захочт поставить свое отношение к квантовой гипотезе в зависимость от того, удалось ли вполне разъяснить смысл кванта действия для элементарных физических процессов или по крайней мере иллюстрировать его посредством какой-нибудь простой динамической модели,— тот, по-моему, не понимает характера и смысла квантовой гипотезы. Существенно новый принцип не может быть воспроизведен моделями, действующими по законам старой теории. Что же касается окончательной формулировки этой гипотезы, то не следует забывать, что и при классическом изложении физика атома в действительности все время является весьма темной и недоступной областью, куда обещает внести некоторую ясность только введение элементарного кванта действия.

Поэтому из самого существа дела вытекает, что понадобится еще трудная экспериментальная и теоретическая работа, на протяжении годов и десятилетий, чтобы постепенно продвинуться вперед в этой новой области. Всякий, отдающий в настоящее время свои силы квантовой гипотезе, должен удовлетвориться сознанием того, что, вероятно, только будущее поколение пожнет плоды затраченных трудов.

Берлин, ноябрь 1912 г.



БОР

(1885—1962)

Нильс Генрик Бор родился в Копенгагене. Он был старшим сыном Христиана Бора, профессора физиологии Копенгагенского университета. Нильс Бор окончил университет в своем родном городе. Его первая и единственная экспериментальная работа была посвящена динамическому методу исследования поверхностного натяжения воды. Интересно, что к явлениям поверхностного натяжения он обратился через много лет, в 1939 г. при создании капельной модели ядра и развитии теории открытого тогда деления ядер. В 1911 г. Бор отправился в Англию и работал сначала в Кембридже у Дж. Дж. Томсона, а затем у Резерфорда в Манчестере; там были написаны его работы по квантовой теории атома.

В 1916 г. Бор вернулся в Данию, где получил кафедру теоретической физики в Копенгагене; в 1920 г. на средства крупнейшего датского пивовара Бор основал Институт теоретической физики. «В эти годы в замечательном сотрудничестве целого поколения физиков-теоретиков многих стран,— писал Бор,— шаг за шагом было создано логически непротиворечивое обобщение квантовой механики и электродинамики. Эти годы иногда называют героической эпохой квантовой физики. Всякому, кто следил за этим развитием, представлялось незабываемое свидетельство того, как

путем сочетания различных подходов и применением соответствующих математических методов возникло новое воззрение, требующее полного охвата физической реальности». В значительной мере этот успех был обязан обаятельной личности Бора; исключительно требовательный к себе и доброжелательный к другим, он смог организовать творческий коллектив своих выдающихся сотрудников.

В 30-е годы внимание Бора было привлечено к проблеме приложения вновь созданной квантовой механики к физике ядра после блестящих успехов в теории атома.

Во время второй мировой войны Бор оказался в оккупированной Дании. В 1943 г., опасаясь ареста гестапо, Бор с семьей бежал на яхте в Швецию. Оттуда он был тайно вывезен сначала в Англию, а затем в США для работы над атомной бомбой. Прогрессивный в своих общественно-политических взглядах, Бор раньше многих понял глубокие изменения в послевоенной международной жизни, которые вызвало появление ядерного оружия. В послевоенные годы Бор много сделал для возобновления международного сотрудничества ученых. За год до своей смерти, в 1961 г., он вновь посетил Советский Союз, где впервые был еще до войны.

Мы приводим введение к первой из трех работ Бора «О строении атомов и молекул» (1913), а также предисловие к его последней книге «Атомная физика и человеческое познание» (1958).

О СТРОЕНИИ АТОМОВ И МОЛЕКУЛ

Введение

Для объяснения результатов опытов по рассеянию α-частиц веществом Резерфорд[1] выдвинул свою теорию строения атома. Согласно этой теории, атом состоит из положительно заряженного ядра и системы окружающих его электронов, удерживаемых силами притяжения ядра. Общий отрицательный заряд электронов равен положительному заряду ядра. В ядре содержится основная часть массы атома, а его линейные размеры исключительно малы по сравнению с линейными размерами всего атома. Число электронов в атоме приблизительно равно половине атомного веса. К этой модели атома нужно относиться с большим вниманием, ибо, как показал Резерфорд, предположение о существовании таких ядер необходимо для объяснения опытных данных по рассеянию α-лучей на большие углы[2].

При попытке объяснить некоторые свойства веществ на основе этой модели атома мы, однако, сталкиваемся с серьезными трудностями, вытекающими из кажущейся неустойчивости системы электронов. В ранее принятых моделях атома, например предложенной Дж. Дж. Томсоном[3],

[1] E. Rutherford. Phil. Mag., 21, 669 (1911).
[2] См. также: Geiger, Marsden. Phil. Mag., April, 1913.
[3] J. J. Thomson. Phil. Mag., 1904, 7, 237.

эти трудности не возникали. По теории последнего, атом состоит из равномерно заполненного положительным электрическим зарядом шара, в котором электроны движутся по окружностям.

Основное различие между моделями, предложенными Томсоном и Резерфордом, заключается в том, что силы, действующие на электроны в модели Томсона, допускают определенные конфигурации и движения, обеспечивающие устойчивое равновесие системы; такие конфигурации, по-видимому, не существуют для модели Резерфорда. Суть обсуждаемого различия яснее всего проявляется, если заметить, что среди величин, характеризующих первый атом, имеется одна — радиус положительно заряженного шара — с размерностью длины, притом того же порядка, что и линейная протяженность атома, тогда как среди величин, характеризующих второй атом (заряды и массы электронов и положительного ядра), такая длина отсутствует, и ее нельзя определить с помощью перечисленных величин.

Способ рассмотрения проблемы такого рода претерпел, однако, за последние годы существенные изменения благодаря развитию теории теплового излучения и появлению прямых подтверждений в опытах над различными явлениями (теплоемкость, фотоэффект, рентгеновы лучи и т. д.) тех новых предположений, которые были введены в эту теорию. Обсуждение этого вопроса приводит к выводу, что классическая электродинамика, очевидно, неприменима для описания поведения систем атомных размеров[1]. Что касается законов движения электронов, то представляется необходимым ввести в эти законы чуждую классической электродинамике величину, а именно постоянную Планка, или, как ее часто называют, элементарный квант действия. Если ввести эту величину, то вопрос о стабильных конфигурациях электронов в атомах существенно меняется, так как размерность и величина этой постоянной таковы, что вместе с массой и зарядом частиц она позволяет определить длину нужного порядка.

Настоящая статья является попыткой показать, что применение указанной выше идеи к модели атома Резерфорда создает основу для теории строения атома. Затем будет показано, что дальнейшее развитие теории ведет нас и к объяснению свойств молекул.

В первой части предлагаемой работы на основе теории Планка рассматривается механизм связывания электронов с ядром. Будет показано, что принятая точка зрения позволяет легко объяснить закономерности в спектре водорода. В дальнейшем будут даны исходные предпосылки для основной гипотезы, на которой построены все рассуждения, содержащиеся в следующих частях статьи.

Я хочу здесь выразить свою благодарность профессору Резерфорду за его дружеский и ободряющий интерес к этой работе.

---

[1] См., например: «Théorie du rayonnement et les quanta». Rapports de la réunion à Bruxelles. Nov. 1911, Paris, 1912.

АТОМНАЯ ФИЗИКА И ЧЕЛОВЕЧЕСКОЕ ПОЗНАНИЕ

Предисловие

Важное значение физической науки для развития общего философского мышления основано не только на ее вкладе в наше непрерывно возрастающее познание той природы, частью которой мы являемся сами; физическая наука важна и тем, что время от времени она давала случай пересматривать и улучшать нашу систему понятий как орудие познания. В нашем столетии изучение атомного строения материи обнаружило неожиданное ограничение области применимости классических физических идей и пролило новый свет на содержащиеся в традиционной философии требования к научному объяснению. Необходимый для понимания атомных явлений пересмотр основ и предпосылок однозначного применения наших элементарных понятий имеет поэтому значение, выходящее далеко за пределы одной только физической науки.

Главное содержание урока, преподанного нам развитием атомной физики, состоит, как известно, в признании свойства цельности и неделимости атомных процессов, обнаруженного благодаря открытию кванта действия. Предлагаемые статьи освещают наиболее существенные стороны ситуации в квантовой физике; в то же время они указывают на черты сходства между этой ситуацией и положением в других областях знаний, выходящих за пределы механистического представления о природе. Мы не рассматриваем здесь какие-либо туманные аналогии, а исследуем условия для надлежащего применения слов и понятий, выражающих наши опытные знания. Такие рассуждения имеют целью не только ознакомление с новой ситуацией в физической науке; ввиду сравнительно простого характера атомных проблем они могут оказаться полезными и для разъяснения предпосылок объективного описания в более широких областях знания.

Хотя собранные здесь семь статей, таким образом, тесно связаны между собой, они распадаются на три отдельные группы, относящиеся к 1932—1939, 1949 и 1955—1957 гг. Первые три статьи прямо связаны со статьями прежнего сборника; в них обсуждаются биологические и антропологические проблемы, относящиеся к свойствам целостности, характерным для живых организмов и человеческих культур. Конечно, в этих статьях я ни в какой мере не пытаюсь дать исчерпывающее обсуждение этих тем, но лишь указываю, какими представляются эти проблемы на фоне общего урока атомной физики.

Четвертая статья касается дискуссии между физиками о проблемах теории познания, поставленных квантовой физикой. По характеру самой темы нельзя было избежать некоторых ссылок на математический аппарат, но для понимания аргументации не требуется специальных знаний.

Споры привели к разъяснению новых сторон проблемы наблюдения, обусловленных тем обстоятельством, что взаимодействие между атомными объектами и измерительными приборами составляет неотъемлемую часть квантового явления. Поэтому данные, полученные в различных экспериментальных установках, не могут быть объединены в том смысле, как обычно; необходимость принимать во внимание условия, при которых получены те или иные опытные данные, прямо требует дополнительного способа описания.

Последняя группа статей тесно связана с первой, но я надеюсь, что уточненная терминология, которой я в них пользуюсь, чтобы изобразить ситуацию в квантовой физике, сделала общую идею и общий ход рассуждения доступнее. Прилагая эти идеи к более широкой области, я делаю особый упор на предпосылки для однозначного применения понятий, используемых при описании опытных фактов. Самая суть аргументации состоит в том, что для объективного описания и гармоничного охвата опытных фактов необходимо почти во всех областях знания обращать внимание на обстоятельства, при которых эти данные получены.



ПЕРРЕН

(1870—1942)

Жан Батист Перрен родился в Лилле. Он окончил Нормальную школу в 1894 г. и в 1910 г. стал профессором Сорбонны. Первые его работы были посвящены катодным лучам. В 1906 г. Перрен начал свои исследования броуновского движения, теорию которого годом раньше дали Эйнштейн и Смолуховский. В опытах, в которых прямо под микроскопом изучалось распределение мелких частиц по высоте из-за их теплового движения, была наглядно показана реальность молекул и атомов, определены их масса и размеры. Тем самым были опровергнуты натурфилософские взгляды энергетиков, в первую очередь Оствальда, отрицавших молекулярно-кинетические представления о тепловой энергии. В 1926 г. эти исследования Перрена были отмечены Нобелевской премией.

Перрен принадлежал к прогрессивной антифашистской интеллигенции своей страны; он был видным деятелем Народного фронта. После капитуляции Франции Перрен в 1940 г. эмигрировал в США; он умер в Нью-Йорке.

Мы приводим предисловие к книге Перрена «Атомы», опубликованной в 1913 г., а также предисловие автора к ее советскому изданию, вышедшему в Москве в 1924 г.

АТОМЫ

ПОСВЯЩАЕТСЯ ПАМЯТИ НОЭЛЯ БЕРНАРА

Предисловие к русскому изданию 1924 года

Эта небольшая книга переводилась на различные языки, и я не считал нужным давать к переводам особые предисловия. Но наши русские друзья поймут, что мне бы хотелось выразить то волнение, которое я испытал, получив возможность хотя бы слабого участия в деле взаимного понимания и братства, которое всегда и всюду было целью стремлений лучших людей.

После пережитых тяжелых испытаний, я счастлив выразить пожелание, чтобы дружеское сотрудничество русских и французских ученых скорее сделалось легким и плодотворным в той области научного исследования, где человечество когда-нибудь найдет средство против бедствий и страданий.

Предисловие

В прогрессе физических наук значительную роль сыграли два рода умственной деятельности, принадлежащих к сфере инстинктов.

Уже у ребенка обнаруживается один из этих инстинктов, когда, схватив какой-нибудь предмет в руки, он хорошо знает, что произойдет в том случае, если он его выпустит.

Может быть, ему никогда еще не приходилось держать именно этот предмет, и тем более точь-в-точь так, как в данный момент; но он припоминает то общее, что есть сейчас в его мускульных ощущениях, с ощущениями, которые он испытывал, когда держал в руках предметы, которые падали, когда он разжимал руки.

Такие люди, как Галилей и Карно, обладали высшей степенью этого *чувства аналогии*: они сумели создать энергетику путем смелых и разумных обобщений данных опыта и ощущений.

Прежде всего они заметили, как замечаем мы все, не только падение предмета при выпускании из рук,— но также и то, что, упав на землю, *сам собой* этот предмет не подымается.

Нужно *оплачивать* подъем тела и платить тем дороже, чем поднимающееся тело тяжелее и чем выше оно поднимается. Настоящей *платой* здесь, конечно, не будут деньги, а какой-то действительный «расход» во внешней обстановке (понижение уровня воды, сжигание угля, химическое изменение в гальваническом элементе), которое приходится иной раз оплачивать и деньгами.

Раз это установлено, нужно выработать способы оплачивать подъем груза по возможности дешевле. Мы знаем, например, что, заставив опускаться 100 килограммов на 10 метров, можно поднять 1 тонну (=1000 килограммов) на высоту 1 метра; но нельзя ли построить такой механизм,

который позволил бы за ту же плату (опускание 100 килограммов на 10 метров) поднять 1200 килограммов на 1 метр?

Галилей понял, что это значило бы, что в некоторых условиях 200 килограммов могут подняться на высоту 1 метра без всяких изменений вовне — «даром». И если мы не верим в возможность этого, мы должны признать *эквивалентность* в работе механизмов, производящих подъем одного груза ценой опускания другого.

Точно так же, если мы будем плавить лед, смешивая его со ртутью, нагретой предварительно до 100° и охлаждающейся, следовательно, до нуля, то мы всякий раз обнаружим, что килограмм ртути обратит в воду 42 *г* льда. Нагревание льда при этом может производиться путем непосредственного соприкосновения со ртутью или же лучеиспусканием. Существенно только, чтобы ртуть охладилась со 100° до нуля, а лед растаял. (Очевидно, что в подобных наблюдениях заключается содержание всей калориметрии.) Еще более поучительны опыты, где опускание грузов, производя трение, заставляет нагреваться ртуть или воду (опыты Джоуля). Как бы мы ни изменяли механизм, связывающий эти два явления (падение грузов и нагревание), мы всегда получим 1 большую калорию, если опустим 428 килограммов на 1 метр.

Таким образом сложился *первый принцип термодинамики*, которому, по моему мнению, можно дать такое выражение:

Если при помощи какого-нибудь механизма удается связать два явления таким образом, что одно из них происходит за счет другого, то, как бы мы ни меняли устройство механизма, не может случиться, что за счет одного из этих явлений произойдет, кроме ожидаемого явления, еще новое, получаемое «даром» [1].

Не вдаваясь в детали, укажем, что прием такого же рода был применен Сади Карно, который, исходя из основного свойства работы любой тепловой машины, обратил внимание на то, что получение работы в этом случае всегда сопровождается «переходом тепла от тела с более высокой температурой к телу с более низкой температурой». Известно, что из этого наблюдения путем надлежащих рассуждений вывели *второй принцип термодинамики.*

Для того чтобы вывести тот или другой из этих принципов, пользовались аналогиями, обобщали результаты опыта, но при всех рассуждениях имели дело с явлениями, которые можно было наблюдать, или с опытами, которые можно было произвести. Оствальд был совершенно прав, когда говорил, что в энергетике не пользуются *гипотезами.* Разумеется, изобретатель новой машины *утверждает,* что она не будет создавать работы из ничего — «даром», и в этом можно будет тотчас убедиться на опыте; никто и не назовет гипотезой *утверждение,* которое может быть проверено на опыте.

[1] Если такое добавочное явление имеется, то оно должно происходить без внешних затрат (как, например, изотермическое сжатие или расширение идеального газа — по закону Джоуля). Но в таком случае, все равно, «даром» ничего не получается.

Но бывают случаи, когда, наоборот, именно гипотеза является инстинктивной и плодотворной. Изучая машину, мы не можем ограничиться изучением видимых ее частей, которые для нас представляли бы всю реальность, если бы мы не могли разобрать машины. Конечно, нам лучше всего представляются именно доступные зрению части, но мы стараемся *отгадать* также, какие *скрытые* внутри машины колесики или другие приспособления производят *видимые* движения.

Другая форма интуитивного понимания явлений и есть именно та, где угадывается существование или свойства предметов, находящихся еще *по ту сторону* нашего сознания, где *видимая сложность объясняется невидимой простотой*; именно эта форма мышления и создала гением людей, подобных Дальтону и Больцману, *атомистику*, изложению которой и посвящена эта книга.

Само собой разумеется, что интуитивная метода не ограничивается атомистикой, как и индуктивная метода не замыкается в энергетике. Быть может, придет время, когда атомы, доступные непосредственному ощущению, сделаются столь же легкими для изучения, как теперь микробы. Дух теперешних атомистов переселится тогда в умы тех из наших потомков, которые унаследуют способность отгадывать дальнейшую скрытую структуру Вселенной за пределами действительности, доступной опыту, пределы которого так расширились.

Я не буду превозносить одну методу исследования в ущерб другой, как это часто делают. Конечно, за эти последние годы интуиция торжествовала над индукцией настолько, что даже сама энергетика воспользовалась статистическими приемами, заимствованными из атомистических представлений. Но такая плодотворность атомистического учения может оказаться преходящей, и для меня нет ничего невероятного в том, что в будущем мы явимся свидетелями торжества воззрений, в которых не будет места никакой гипотезе, которую нельзя было бы доказать на опыте.

* * *

Хотя, быть может, в этом не было никакой логической необходимости, но индукция и интуиция всегда связывались с воззрениями, сложившимися еще у греческих философов: о *пустоте* Вселенной (или ее прерывности) и *сплошности* (непрерывности) мира.

По этому поводу мне хотелось бы сделать несколько замечаний не столько для читателя, начинающего читать эту книгу, сколько для прочитавшего ее; эти замечания могут объективно подтвердить некоторые чисто логические выводы математиков.

Мы все знаем, как, не давая еще точного определения, разъясняют начинающим идею непрерывности. Им чертят красивую кривую и, прикладывая к ней линейку, говорят: «Вы видите, что во всякой точке этой кривой есть касательная». Или, желая дать абстрактное понятие об истинной скорости точки в каком-нибудь пункте ее траектории, говорят:

«Вы понимаете, конечно, что средняя скорость между двумя соседними точками перестает изменяться ощутительным образом при бесконечном сближении точек». И действительно, очень многие, припоминая, что в движениях, к которым они привыкли, было что-то подобное, не видят в этом больших затруднений.

Но математики, конечно, давно поняли недостаток строгости в этих «доказательствах», называемых геометрическими; поняли, как наивно было бы доказывать, проводя на доске кривую, что всякая непрерывная функция имеет производную. Ведь, на самом деле, как ни просты функции, имеющие производную, как ни легко излагать учение о них, они представляются лишь *исключениями*; или, выражаясь более геометрически, кривые, не имеющие касательной, являются правилом, а правильные кривые, вроде круга, суть весьма частные, хотя и очень интересные случаи.

На первый взгляд эти ограничения представляются чистой игрой ума, очень интересной, но искусственной и бесплодной, до которой довела ученых мания определять все с совершенной точностью. Очень часто те, которым твердят о кривых, не имеющих касательной, или о функциях, не имеющих производной, начинают думать, что в природе, очевидно, не встречается таких сложных отношений, и она не подает никакого повода для такого рода мыслей.

На самом деле, однако, справедливым оказывается именно противоположное: математическая логика удержала математиков в такой близости к реальности, о какой не давали понятия представления физиков. Это легко понять, если размыслить над некоторыми чисто опытными фактами, не задаваясь идеей упрощения.

Такие факты представляются в изобилии при изучении *коллоидов*. Будем наблюдать, например, хлопья, получающиеся в мыльной воде, если к ней подсыпать соли. Издали очертания хлопьев могут показаться вполне определенными, но, если мы взглянем на них поближе, то всякая определенность исчезает. Глаз не сумеет провести касательную в какой-нибудь точке; прямую, которую мы при первом взгляде были бы готовы назвать касательной, при большем напряжении внимания с таким же правом можно считать перпендикуляром или секущей по отношению к контуру. Если взять лупу или микроскоп, то неуверенность только увеличится, и чем большее увеличение мы возьмем, тем больше увидим новых извивов; у нас не будет того определенного, успокаивающего впечатления, какое производит, например, стальной гладко полированный шарик. И если шарик может служить для нас моделью классической непрерывности, то хлопья мыла будут служить, с полным логическим основанием, иллюстрацией более общего понятия о непрерывных функциях, не имеющих производных.

Нужно заметить, что неопределенность при определении положения касательной плоскости к некоторому контуру не совсем того порядка, как неопределенность, с которой мы встретились бы, если бы вздумали

провести, например, касательную в какой-либо точке береговой линии Бретани, пользуясь для этого картой того или другого масштаба. Сообразно с масштабом, положение касательной менялось бы, но в каждой точке можно провести только одну касательную. И это потому, что карта есть лишь условный чертеж, где уже по построению всякая линия имеет касательную. Напротив, для наших хлопьев характерно (как и для берега, если вместо того, чтобы изучать его очертания по карте, мы рассматривали бы его непосредственно с более или менее далекого расстояния) именно то, что, в каком бы то ни было масштабе, мы *подозреваем* в структуре такие детали, которые абсолютно не позволяют придать касательной какого-либо определенного положения.

Равным образом мы остаемся в области реальности, доступной опыту, когда, приближая глаз к микроскопу, видим броуновское движение, волнующее каждую частицу эмульсии, плавающую в жидкости. Для того чтобы провести касательную к ее траектории, мы должны были бы найти, хотя приблизительно, предельное положение прямой, соединяющей два положения частицы, взятые в два момента времени, очень близкие друг к другу. Но, поскольку позволяет судить опыт, это направление меняется положительно сумасшедшим образом по мере того, как мы уменьшаем промежуток времени, разделяющий эти моменты. Таким образом, у непредубежденного наблюдателя в процессе наблюдения слагается мысль, что здесь перед ним функция, не имеющая производной, а не кривая, имеющая касательную.

Я говорил пока о контуре или о кривой, так как обыкновенно пользуются кривыми, чтобы на них выяснить понятие о непрерывности. Не было бы логически равноценным, а с физической точки зрения даже и более общим, рассматривать изменение от точки к точке какого-нибудь другого свойства материи, например плотности или цвета. И в этом случае мы встретились бы с совершенно подобными сложностями.

По классическому представлению, мы можем разложить всякий предмет на столь мелкие части, что они будут практически однородными. Другими словами, считается, что по мере постепенного сжатия контура, *различия в свойствах* материи внутри этого контура делаются все менее и менее резкими.

Однако, если такое представление и не опровергается опытом, то все же можно сказать, оно крайне редко подтверждается наблюдаемыми фактами. Наш глаз тщетно будет искать *практически однородную* область, хотя бы и чрезвычайно малую, на поверхности руки, письменного стола, деревьев или почвы. И если бы нам показалось возможным ограничить достаточно однородную площадку, положим, на поверхности древесного ствола, то достаточно подойти поближе, чтобы разглядеть на коре дерева предполагавшиеся детали и заподозрить существование еще новых более мелких деталей. Если наш глаз не в силах уже различить их, мы прибегаем к лупе или микроскопу; и тогда, наблюдая при возрастающем увеличении выбранные нами участки, мы открываем на них все новые

и новые детали, и, наконец, дойдя до предела возможного увеличения, мы видим изображение дифференцированным значительно больше, чем то, которое мы наблюдали невооруженным глазом. Живая клетка, например, совсем не однородна: в ней можно различить сложную структуру, состоящую из нитей и зерен, плавающих в неоднородной плазме; глаз угадывает там еще какие-то особенности, которые он бессилен воспринять более определенно. Таким образом, кусочек материи, который, как мы рассчитывали сначала, мог бы оказаться однородным, на самом деле оказывается «бесконечно губчатого» строения, и для нас не остается никакой надежды отыскать в конце концов «однородный» или, *по крайней мере, такой кусочек вещества, свойства которого изменялись бы от точки к точке в правильной последовательности.*

Не нужно думать, что только живая материя представляется нам бесконечно губчатой, бесконечно дифференцированной. Обуглив только что изученный нами кусочек коры, мы получаем кусочек древесного угля с бесчисленными порами. Не легко разложить на малые однородные части почвы, горные породы. И, пожалуй, единственными образчиками вещества, непрерывного в своих свойствах, окажутся кристаллы вроде алмаза, жидкости вроде воды и газы. Таким образом, понятие непрерывности составлено нами в результате совершенно произвольного подбора и сопоставления данных опыта.

Впрочем, следует помнить, что, несмотря на то, что внимательное исследование заставляет нас вообще считать строение изучаемых объектов в высшей степени неправильным, мы можем с пользой для дела приблизительно представить свойства их при помощи непрерывных функций. Хотя дерево бесконечно губчато, но мы говорим о поверхности бревна, которую нужно обстругать, или об объеме воды, вытесненном обрубком, как о чем-то непрерывном. Можно будет иной раз сказать, с некоторой дозой преувеличения, что правильная непрерывность может служить изображением явлений, подобно тому как листок олова, которым мы вздумали бы обернуть губку, воспроизводил бы ее контуры в общих чертах, не следуя за тонкими и сложными ее извивами.

* * *

Не будем, однако, ограничиваться данными, которые получаются нами от непосредственного созерцания Вселенной. Если мы припишем материи *бесконечно* зернистую структуру, как того требуют результаты, добытые атомистикой, то мы увидим, как совершенно своеобразно изменяются пределы возможности *строгого* приложения к действительности понятия о математической непрерывности.

Припомним, например, как определяется средняя плотность сжимаемого вещества (например, воздуха) в данной точке и в данный момент. Представляют некоторую сферу объема v с центром в этой точке, содер-

жащую в данный момент массу m. Частное m/v есть *средняя* плотность внутри этой сферы, а предел этого отношения называют *истинной* плотностью в данной точке. Это равносильно утверждению, что в данный момент средняя плотность внутри малой сферы постоянна, если только мы не выходили из известных пределов объема. Средняя плотность может оказаться несколько различной, если один раз мы будем брать сферу в 1000 куб. метров, а в другой раз в 1 куб. см; но в случае изменения размеров сферы от 1 куб. см до 1 куб. мм она не изменится более чем на 1/1 000 000. Но в этих пределах рассматриваемых объемов будут иметь место неправильные изменения плотности, порядка одной миллиардной (причем уклонения от среднего значения весьма зависят от движений, существующих в нашем веществе).

Будем, далее, уменьшать объем. Колебания плотности не только не выравняются, но сделаются еще значительнее и еще беспорядочнее. Возьмем размеры сферы в 1/10 куб. микрона (в таких малых объемах весьма сильно дает себя чувствовать броуновское движение),— колебания плотности могут достичь (для воздуха) размера 1/1000 средней величины плотности; если размеры сферы сделаются в 1/100 куб. микрона, то колебания дойдут до значения в 1/5 средней плотности.

Сделаем еще шаг: радиус сферы принимает размеры радиуса молекулы. Тогда, вообще говоря (в случае газа), наша сфера окажется в межмолекулярном пространстве, а, стало быть, средняя плотность сделается равной нулю: *истинная* плотность в данной точке также равняется нулю. Но может оказаться (с вероятностью приблизительно 1:1000), что точку мы выбрали как раз внутри молекулы; тогда средняя плотность окажется сравнимой с плотностью воды, то есть окажется в 1000 раз большей, чем то, что мы поверхностно считали *истинной* плотностью газа.

Уменьшим еще размеры нашей сферы. За исключением крайне редких случаев, она будет продолжать находиться по-прежнему в пустоте — так как и строение атома прерывно: истинная плотность в данной точке опять оказывается равной нулю. Но в одном случае из миллиона равно возможных выбранная нами точка может оказаться внутри корпускулы, или центрального ядра атома; тогда плотность для сферы чрезвычайно малого радиуса возрастет до громадной величины и сделается в несколько миллионов раз большей, чем плотность воды. Если сфера будет продолжать сокращаться, то, может быть, мы будем находиться в области непрерывного, до достижения ею нового порядка малости, но, вероятнее всего (а особенно для области ядра, где радиоактивные явления заставляют предположить крайнюю сложность строения), средняя плотность скоро достигнет опять значения нуля и сохранит его при дальнейшем сокращении; равным образом истинная плотность, за исключением некоторых весьма редких точек, где она будет иметь значения большие, чем в предыдущих случаях, будет равняться нулю.

Короче говоря, результат, к которому приводит нас атомистика, следующий: плотность вещества повсюду нуль, за исключением бесконечно-

го числа особых точек, где она имеет бесконечно большое значение [1].

Подобного рода рассуждения можно было бы вести для всякого рода свойств, каковы, например, скорость, давление, температура, которые кажутся нам непрерывно и закономерно изменяющимися. Эти свойства также окажутся все более и более неправильными по мере того, как мы будем увеличивать масштабы той, все-таки мало совершенной, модели, какую мы составляем себе относительно Вселенной. Плотность, как мы видели, была равна нулю во всех точках пространства; выражаясь более общим образом, всякая функция, которая изображает изучаемое нами физическое свойство (допустим, электрический потенциал), представит в междумолекулярном пустом пространстве континуум с бесконечным числом особых точек, изучить которые нам должны помочь математики [2].

Бесконечно раздробленная материя, разрывающая своими мельчайшими звездами сплошную сферу,— вот представление, которое мы могли бы составить о Вселенной, если бы забыли слова Рони, что любая, самая широкая формула, будучи бессильной отнять безграничное разнообразие явлений, роковым образом теряет всякое значение, когда ее приходится расширять за те пределы, внутри которых сложилось наше познание.

Рассмотрев непрерывно уменьшающуюся сферу, мы могли бы распространить наши рассуждения на случай сферы, бесконечно расширяющейся, захватывающей последовательно всю нашу планету, всю солнечную систему, неподвижные звезды, область туманностей. И мы снова приходим к представлению, ставшему привычным и которое, по словам Паскаля, сводится к тому, что человек «подвешен между двумя бесконечностями».

* * *

Читатель поймет, почему я посвятил этот труд моему покойному другу Ноэлю Бернару. Он научил меня тому разумному энтузиазму, неустанной энергии и культу красоты, которые дают силу в научных исследованиях. Он был в рядах тех, чей светлый ум умеет созерцать природу «в ее высшем и совершенном величии».

Декабрь 1912 г.

[1] Я упростил вопрос. На самом деле, в выражение плотности должно входить время, и средняя плотность, если мы ее определяем для малого объема V, окружающего данную точку в данный момент, должна вычисляться для некоторого малого промежутка времени τ, включающего и этот момент. *Средняя* масса, содержащаяся в объеме V, за этот промежуток τ, имеет выражение $\frac{1}{\tau}\int\limits_0^\tau m dt$, а средняя плотность есть вторая производная от массы по объему и по времени. Ее изображение в виде функции двух переменных дало бы бесконечно извилистую поверхность.

[2] Те, кто интересуется этим вопросом, с пользой прочтут сочинения Э. Бореля, в особенности его прекрасную лекцию: «Молекулярные теории и математика» (вступительная лекция в Гаустонском университете и в Revue générale des sciences, ноябрь 1912), в которой выясняется, каким образом математический анализ, который был создан для потребностей физики непрерывного, должен быть подновлен теперь для потребностей физики прерывного.



ЭЙНШТЕЙН

(1879—1955)

Альберт Эйнштейн родился в Ульме в Германии. Его отец был инженером-химиком. Семнадцати лет Эйнштейн поступил в Федеральное высшее политехническое училище в Цюрихе, где одним из профессоров был Минковский, а в 1900 г. окончил по педагогическому отделению эту, быть может, лучшую в Европе, высшую техническую школу.

Благодаря своему другу юности математику Гроссману Эйнштейн стал тогда младшим экспертом Бюро по охране интеллектуальной собственности — Патентного бюро в Берне. В 1901 г. были опубликованы его первые работы по теоретической физике. Удивительным был 1905 год, когда вышли три замечательные работы Эйнштейна: по квантовой теории фотоэффекта, о броуновском движении и, наконец, по электродинамике движущихся тел, приведшей к созданию специальной теории относительности. В 1909 г. Эйнштейн стал профессором университета в Берне, затем один год работал в немецком университете в Праге и в 1912 г. стал профессором Политехникума в Цюрихе.

В 1913 г., по представлению М. Планка, Эйнштейн был избран в Прусскую Академию паук, после чего он переехал в Берлин. В последующие годы появились его

основополагающие работы по общей теории относительности. В 1924 г. Эйнштейн опубликовал исследование по квантовой теории излучения. В нем идеи квантовой статистики, которую мы теперь называем статистикой Бозе — Эйнштейна, получили глубокую и ясную физическую интерпретацию. В дальнейшем развитии квантовой теории существенна была только критика Эйнштейна. Как и Планк, с которым его связывала тесная дружба, Эйнштейн не мог примириться с вероятностным толкованием волновой механики. Так, в письме к Максу Борну он в шутку замечает: «Я не думаю, что бог играет в кости».

В годы после первой мировой войны признание теории относительности стало всеобщим. Но вместе с ростом националистических и фашистских сил в Германии началась систематическая травля ученого. Зимой 1932 г. Эйнштейн поехал в США читать лекции. Через год на его родине к власти пришел Гитлер. Вскоре Эйнштейна исключают из Прусской Академии, и он отказывается от германского подданства. Эйнштейн стал сотрудником Института перспективных исследований в Принстоне. Заключительный период его жизни был посвящен поискам единой теории поля, теории, которая должна была объединить тяготение и электродинамику; однако эти работы к успеху не привели.

Эйнштейн остро переживал трагические события XX века; наивный пацифист 20-х годов, он уже в 1939 г. подписывает знаменитое письмо президенту Рузвельту, дав толчок созданию атомной бомбы. В последние годы жизни его глубоко тревожили проблемы мира и безопасности народов.

Эйнштейн умер в Принстоне. Он не создал школы, немногие его ученики не оставили глубокого следа в науке; но его одинокий и независимый гений дал нам новое понимание основных понятий физики: времени и пространства, энергии и массы, инерции и тяготения. Велико было значение его работ по созданию основных представлений квантовой теории: Нобелевскую премию 1921 года Эйнштейн получил за теорию фотоэффекта.

Эйнштейн не написал монографий, суммирующих его теории, и поэтому мы приводим вводный параграф к статье «К электродинамике движущихся тел» (1905), а также введение к главной работе Эйнштейна 1916 года «Основы общей теории относительности».

К ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ ДВИЖУЩИХСЯ ТЕЛ

Известно, что электродинамика Максвелла в современном ее виде приводит в применении к движущимся телам к асимметрии, которая несвойственна, по-видимому, самим явлениям. Вспомним, например, электродинамическое взаимодействие между магнитом и проводником с током. Наблюдаемое явление зависит здесь только от относительного движения проводника и магнита, в то время как, согласно обычному представлению, два случая, в которых движется либо одно, либо другое из этих тел, должны быть строго разграничены. В самом деле, если движется магнит,

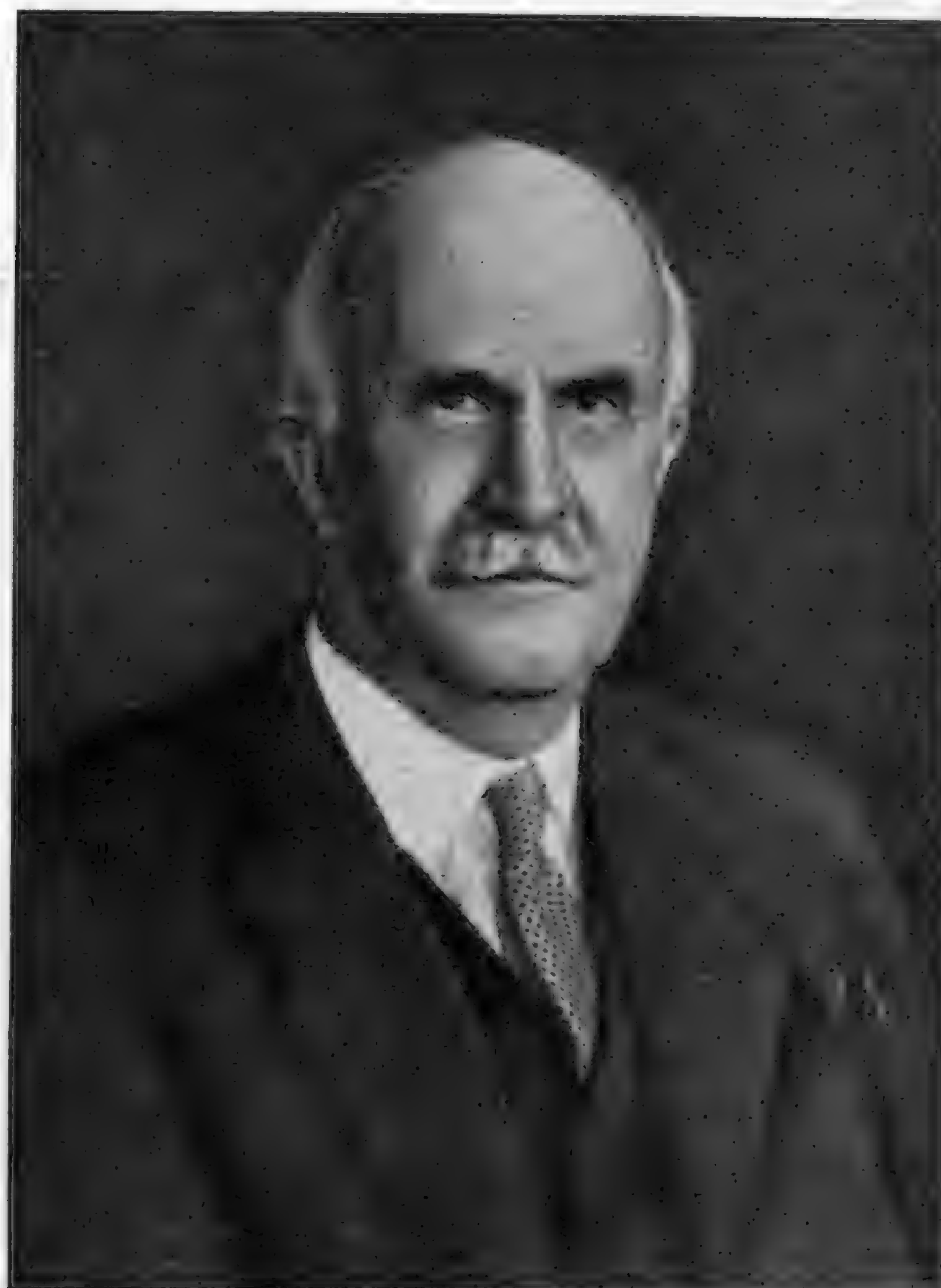
а проводник покоится, то вокруг магнита возникает электрическое поле, обладающее некоторым количеством энергии, которое в тех местах, где находятся части проводника, порождает ток. Если же магнит находится в покое, а движется проводник, то вокруг магнита не возникает никакого электрического поля; зато в проводнике возникает электродвижущая сила, которой самой по себе не соответствует никакая энергия, но которая — при предполагаемой тождественности относительного движения в обоих интересующих нас случаях — вызывает электрические токи той же величины и того же направления, что и электрическое поле в первом случае.

Примеры подобного рода, как и неудавшиеся попытки обнаружить движение Земли относительно «светоносной среды», ведут к предположению, что не только в механике, но и в электродинамике никакие свойства явлений не соответствуют понятию абсолютного покоя и даже, более того,— к предположению, что для всех координатных систем, для которых справедливы уравнения механики, справедливы те же самые электродинамические и оптические законы, как это уже доказано для величин первого порядка. Это предположение (содержание которого в дальнейшем будет называться «принципом относительности») мы намерены превратить в предпосылку и сделать, кроме того, добавочное допущение, находящееся с первым лишь в кажущемся противоречии, а именно, что свет в пустоте всегда распространяется с определенной скоростью V, не зависящей от состояния движения излучающего тела. Эти две предпосылки достаточны для того, чтобы, положив в основу теорию Максвелла для покоящихся тел, построить простую, свободную от противоречий, электродинамику движущихся тел. Введение «светоносного эфира» окажется при этом излишним, поскольку в предлагаемой теории не вводится «абсолютно покоящееся пространство», наделенное особыми свойствами, а также ни одной точки пустого пространства, в котором протекают электромагнитные процессы, не приписывается какой-нибудь вектор скорости.

Развиваемая теория основывается, как и всякая другая электродинамика, на кинематике твердого тела, так как суждения всякой теории касаются соотношений между твердыми телами (координатными системами), часами и электромагнитными процессами. Недостаточное понимание этого обстоятельства является корнем тех трудностей, преодолевать которые приходится теперь электродинамике движущихся тел.

ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Излагаемая здесь теория является наиболее радикальным обобщением общеизвестной в настоящее время «теории относительности»; последнюю в отличие от первой я буду называть «специальной теорией относительности», предполагая, что с нею читатель знаком. Обобщение теории относительности существенно облегчалось благодаря работам математика Минковского, который впервые вскрыл формальное равноправие пространственных координат и временной координаты в специальной теории относительности и использовал это равноправие для построения теории. Необходимый для общей теории относительности вспомогательный математический аппарат уже существовал в форме «абсолютного дифференциального исчисления», основы которого были заложены в исследованиях Гаусса, Римана и Кристоффеля, посвященных неэвклидовым пространствам; это исчисление, приведенное в систему Риччи и Леви-Чивитой, уже применялось для решения задач теоретической физики. В разделе «Б» настоящей работы изложен весь необходимый нам, но, очевидно, не известный физикам, вспомогательный математический аппарат по возможности самым простым и прозрачным способом, так что для понимания этой работы не требуется изучать математическую литературу. Наконец, хочу поблагодарить здесь своего друга, математика М. Гроссмана, который не только избавил меня от изучения специальной математической литературы, но и поддерживал в поисках уравнений гравитационного поля.



БРЭГГ

(1862—1942)

Уильям Генри Брэгг родился в Камберленде (Англия). Брэгг учился в Кембридже; после недолгой работы там по окончании университета он был приглашен профессором математики и физики в Аделаиду (Австралия). Сразу после открытия рентгеновых лучей Брэгг начал исследование этого вида излучений. Он также занимался изучением проникающей и ионизирующей способности быстрых заряженных частиц.

В 1909 г. Брэгг вернулся в Англию и стал профессором физики в Лидсе. После открытия дифракции рентгеновых лучей, вместе с сыном, Уильямом Лоренсом Брэггом, он обратился к изучению этого нового круга явлений. В работах Брэггов были заложены основы рентгеноструктурного анализа; в 1915 г. эти исследования были отмечены Нобелевской премией по физике.

После первой мировой войны Брэгг переехал в Лондон, где возглавил Королевский институт. Прекрасный популяризатор науки и опытный лектор, Брэгг с блеском проводил рождественские чтения для школьников, придав этим традиционным лекциям большую известность.

Брэгг много сделал также для пропаганды и раскрытия возможностей рентгено-

структурного анализа, ставшего мощным средством изучения строения молекул и кристаллов, твердых тел и жидкостей, полимеров, а в дальнейшем и биополимеров. Высшим достижением этого метода следует считать раскрытие микроскопического строения белков, которое дало структурную основу представлениям современной молекулярной биологии. Эти исследования в значительной мере были обязаны поддержке и инициативе Брэгга-младшего, когда после смерти Резерфорда он возглавил Кавендишскую лабораторию.

Ниже следует предисловие к первому изданию монографии Брэггов «*X*-лучи и строение кристаллов» (1915).

X-ЛУЧИ И СТРОЕНИЕ КРИСТАЛЛОВ

Два года прошло с тех пор, как д-р Лауэ предложил идею использовать кристалл как «пространственную дифракционную решетку» для *X*-лучей. Успешное осуществление этой идеи Фридрихом и Книппингом открыло обширную область исследований, где уже получены результаты исключительной важности и значения. С одной стороны, анализ *X*-лучей позволил прийти к замечательным выводам о атомах, которые излучают эти лучи при соответствующем возбуждении. Эти выводы по-новому представили нам картину строения атома. С другой стороны, стала доступной рассмотрению архитектура кристаллов. Кристаллография больше уже не обязана опираться только на внешнюю форму кристаллов, а может основываться на точных сведениях о расположении атомов внутри кристаллов. Более того, по-видимому, и само тепловое движение атомов в кристалле будет доступно не только наблюдению, но и точному измерению.

Чтобы охватить возможности и понять современное развитие этой новой области науки, необходимо овладеть *X*-лучами и кристаллографией. Поскольку эти отрасли науки никогда ранее не соприкасались, можно ожидать, что тем, кто проявит интерес к этим новым проблемам, будет мешать незнание одного или другого из этих взаимосвязанных вопросов. Поэтому в этой небольшой книге мой сын и я сделали первую попытку представить основные факты и принципы, относящиеся к *X*-лучам и кристаллам. В остальной, бо́льшей части книги дано краткое изложение развития исследований и представлены важнейшие из полученных до сих пор результатов.

По необходимости эта книга является больше введением, чем трактатом. Действительно, вопрос слишком нов и недостаточно сформировался, чтобы оправдать более полное изложение. Мы стремились очертить основные контуры для тех, кто интересуется постановкой вопроса, и надеемся, что наше изложение послужит и тем, кто захочет практически познакомиться с предметом и принять участие в увлекательных исследованиях,

которые здесь открываются. В последнем случае следует, несомненно, также обратиться и к оригинальным сообщениям.

Исходя из целей, которые мы имели в виду, мы воздержались от обсуждения ряда интересных точек соприкосновения с другими науками и прежними работами, как, например, замечательными исследованиями Поупа и Барлоу. Мы не дали даже полного отчета о всех экспериментальных исследованиях, которые проведены в основном направлении, и ограничились лишь беглым упоминанием глубоких математических исследований, которые даны рядом авторов.

Опубликование этой книги было задержано трудностями настоящего времени, которые также помешали продолжению некоторых исследований и выходу в свет других, уже законченных работ. Некоторые результаты, не вошедшие в основной текст, приведены в дополнительных замечаниях в конце книги.

Те же обстоятельства вынудили меня одного написать это предисловие. Возможно все же, что в любом случае я настоял бы на этом праве. Однако один вопрос мне хочется со всей ясностью подчеркнуть,— а именно то, что мой сын ответствен за идею «отражений», исходя из которой можно было продвинуться дальше, а также за бо́льшую часть работы по раскрытию кристаллических структур, к которым это продвижение привело.

Январь 1915 г.

У. Г. Брэгг



ЗОММЕРФЕЛЬД

(1868—1951)

Арнольд Зоммерфельд родился в Кенигсберге в семье врача. Он окончил физико-математический факультет Кенигсбергского университета. Затем два года Зоммерфельд провел ассистентом в Геттингене, в 1897 г. стал профессором физики в Горной академии в Клаустале и в 1900 г.— профессором прикладной математики в Аахене. С 1906 г. до своей отставки по возрасту в 1931 г. Зоммерфельд был профессором теоретической физики в Мюнхене, и именно этот период стал наиболее плодотворным в его жизни. Работы Зоммерфельда посвящены разнообразным вопросам физики: гидродинамической теории смазки, математической теории дифракции света, теории атома, где им дано объяснение тонкой структуры спектральных линий, квантовой теории теплоемкости металлов. Зоммерфельд имел ряд выдающихся учеников; наряду с Копенгагеном и Геттингеном Мюнхен был центром развития квантовой теории. Совместно с Феликсом Клейном им была написана 4-томная «Теория гироскопа», потребовавшая 13 лет для своего завершения. В последний период его жизни им был составлен многотомный «Курс теоретической физики». Большую роль сыграла монография Зоммерфельда «Строение атома и спектры», написанная в 1918 г. Мы приводим предисловие и введение к первому изданию этой книги.

СТРОЕНИЕ АТОМА И СПЕКТРЫ

Предисловие

Со времени открытия спектрального анализа никто из специалистов не сомневался, что проблема атома была бы решена, если бы мы научились понимать язык спектра. Громадный материал, накопившийся в течение 60-летних спектроскопических наблюдений, своим многообразием давал, однако, мало надежды на успех. Семилетняя практика в измерении рентгеновских спектров дала больше для выяснения вопроса, так как здесь проблема внутреннего строения атома затронута более коренным образом. То, что мы теперь слышим в говоре спектральных линий, есть настоящая музыка сфер, звучащая в атоме, созвучия целых отношений, порядок и гармония, все более увеличивающиеся, несмотря на все разнообразие.

На все времена теория спектральных линий будет носить имя Бора. Но еще одно имя будет постоянно связано с ней — имя Планка. Все законы целых чисел для спектральных линий и атомистики проистекают в конце концов из теории квантов. Она есть тот таинственный орган, на котором природа играет спектральную музыку и ритм которой управляет строением атома и ядра.

Введение

В первой половине XIX века электродинамика представляла собой ряд различных элементарных законов. Копируя ньютоновские законы тяготения, они утверждали наличие непосредственного дальнодействия, которое с места нахождения одного электрического заряда, или магнита, «перепрыгивая» через все промежуточное пространство, действует на место нахождения другого электрического заряда или магнита.

Во второй половине XIX века возникло представление, согласно которому электромагнитное поле при своем непрерывном расширении распространяется от точки к точке в пространстве и во времени; это была «полевая теория», противоположная «теории дальнодействия». Эта теория была заложена трудами Фарадея, разработана Максвеллом и увенчана Герцем. Согласно этим представлениям электромагнитное поле постепенно распространяется в пространстве и во времени. Уравнения Максвелла показывают, как векторы электрического и магнитного полей устанавливаются перпендикулярно друг к другу, как в каждом месте поля вследствие изменения магнитной напряженности возникает электрическая напряженность, как электрический ток создает вокруг себя магнитное поле. Промежуточная среда, в том числе и непроводящая, обладает определенной «пропускной способностью» (проницаемостью) и восприимчивостью (диэлектрическая способность как относительно магнитных, так и электрических силовых линий); соответственно этому в каждом месте про-

странства свойства среды влияют на характер дальнейшего распространения электромагнитного поля.

Это воззрение отпраздновало свой полный триумф, когда Герц смог причислить к электромагнитным явлениям такое явление природы, как свет, который был в то время полной загадкой. После того как Максвелл высказал догадку, что свет является векторным полем (он смог вычислить скорость света, исходя только из чисто электрических измерений Кольрауша), Герц произвел свой опыт с «потоком электрической напряженности», который прямо продемонстрировал, как излучение отражается, преломляется, фокусируется подходящим вогнутым зеркалом и распространяется в пространстве со скоростью света. Воспроизведенные Герцем электрические волны имели длину волны порядка нескольких метров. От них почти через непрерывную цепь явлений, связанных с тепловым излучением, или инфракрасными волнами, можно перейти к собственно световым волнам, длина которых все еще составляет несколько микрон (μ). В качестве наибольшего и наиболее грубого звена этой цепи в дальнейшем (причем непосредственно исходя из опытов Герца) были добавлены волны беспроволочной телеграфии, длина которых исчисляется километрами (с кораблей посылают сообщения при помощи 12-километровых волн); как мы увидим в дальнейшем, на другом конце этой цепи она замыкается наиболее малым и тонким звеном — рентгеновским излучением и ему подобным, но более коротковолновым γ-излучением, а также волновыми излучениями, в общем случае встречающимися при ядерных процессах.

Герц умер 1 января 1894 г. в возрасте 37 лет. Можно было бы думать, что работы Герца в последние годы его короткой жизни, а также работы его последователей были посвящены дальнейшим экспериментам с волнами для уточнения и упрочения теории электромагнитных волн. Однако уже последняя экспериментальная работа Герца «Относительно прохождения катодных лучей через тонкие металлические слои» (1891 г.) была нацелена в другом направлении.

В теории поля главное внимание стали обращать не на разъяснение причины отклонения силовых линий и обсуждение регулярного распространения поля; теперь стало существенным изучить сингулярности поля, заряды. Лучшие возможности для такого изучения представляет катодная трубка, высоко эвакуированная заряженная трубка, еще более сильно выкачанная, чем так называемая трубка Гейсслера. Здесь получается электричество в «чистом виде», не отягощенное обычным веществом и к тому же прямолинейно движущееся с предельной скоростью: катодные лучи — корпускулярные потоки отрицательного электричества. Правда, сам Герц, а также вначале и его выдающийся ученик Ленард придерживались прямо противоположного представления, считая, что эти лучи имеют волновой характер; однако Герц сознавал значение в будущем исследований с катодными лучами. Этому он содействовал собственными руками, поскольку сам отвлек внимание людей от только что созданных своих

работ и нацелил ученых следующего поколения на решение новых задач: не распространение силовых линий, а источник их возникновения — заряд будет более интересен для последующего. Завершение Герцем собственно максвелловской теории придало последней колоссальную практическую ценность (например, для электротехники, радиотелеграфной связи), причем теория в завершенном виде позволяет в этих случаях удобным способом определять среднее значение электрических величин. Однако для более глубокого проникновения в отдельные детали, для более ясного понимания элементарных актов требуется более углубленное представление. Место максвелловской электродинамики занимает лоренцовская электродинамика, а место непрерывного поля — дискретный атомизм электричества. Таким образом, вместо теории дальнодействия и теории полевого взаимодействия появляется атомистическое представление электромагнетизма — электронная теория.

Атомизм вещества был установлен настолько глубоко, насколько это удавалось химической науке; без такого атомизма теряет свой смысл фундаментальный закон химии — закон кратных отношений. Однако нельзя сказать, что не было противников атомистических воззрений. Таким противником был Гёте; однако факты — в особенности факт возможности разложения вещества — свидетельствовали против Гёте, разрушали чисто мысленные человеческие построения. Точно так же и довольно крупный ученый и философ Мах рассматривал «атомистическую гипотезу» как нечто преходящее. Он предпочитал описывать процессы, исходя из представлений о непрерывности вещества и непрерывных законов взаимодействия. Последним (среди достойных внимания) противником представления об атоме был энергетик Оствальд.

В настоящее время ввиду убедительных успехов применения атомистических взглядов во всех областях физической науки замолкли всякие возражения против атомистических воззрений. Этому во многом содействовало исчерпывающее объяснение броуновского движения, чем со всей очевидностью была подтверждена та часть атомистической гипотезы, которая касалась наличия теплового движения в жидкости. Не менее внушительным свидетельством в пользу атомистического строения твердого тела явилось открытие Лауэ, о котором мы будем говорить в гл. IV...

Из атомизма вещества вытекает как необходимое следствие атомизм электричества. Это одновременно было высказано Гельмгольцем и Стонеем. В своем докладе на Фарадеевском чтении в 1881 г. Гельмгольц, основываясь на открытом и математически сформулированном Фарадеем правиле электролиза, сказал: «Если принять существование атомов химических элементов, то нельзя удержаться от того, чтобы не сделать дальнейшего заключения, что также и электричество, как положительное, так и отрицательное, распадается на определенные элементарные кванты, которые ведут себя как атомы электричества. Каждый ион, до тех пор пока он движется в жидкости, каждой своей валентностью остается связан с электрическим эквивалентом»...



ШРЕДИНГЕР

(1887—1961)

Эрвин Шредингер родился в Вене. Там же он и учился сначала в гимназии, затем в университете, который окончил в 1910 г. Посвятив себя теоретической физике, Шредингер вскоре стал профессором в Бреславле (ныне Вроцлав), потом в Цюрихе, где до него работал Эйнштейн. Именно в Цюрихе были сделаны работы Шредингера, приведшие к открытию основного уравнения нерелятивистской квантовой механики — волнового уравнения, которое теперь называют его именем. Создание квантовой механики было отмечено Нобелевской премией 1933 года, которую Шредингер разделил с Дираком.

В 1927 г. Шредингер был приглашен на кафедру теоретической физики в Берлин, кафедру, которую до него занимал Планк. С приходом к власти Гитлера Шредингер покинул фашистскую Германию и принял приглашение в Оксфорд. В 1936 г. он ненадолго вернулся в Австрию, заняв кафедру в Граце; однако после аншлюса вынужден был снова покинуть свою страну. На этот раз Шредингер переехал в Ирландию, в Институт фундаментальных исследований в Дублине. В 1947 г. он, нако-

нец, вернулся на родину. Но его здоровье уже было подорвано, и после продолжительной болезни он скончался в Вене.

Мы приводим предисловие и предметный указатель содержания к сборнику работ Шредингера «Труды по волновой механике» (1928) и предисловие и введение к небольшой книге «Что такое жизнь с точки зрения физики» (1948).

ТРУДЫ ПО ВОЛНОВОЙ МЕХАНИКЕ

Предисловие

Этот сборник с шестью работами появился вследствие большого спроса на оттиски данных работ. По отношению к этим работам справедливы слова, недавно сказанные автору одной молодой особой: «Наверное, начиная, Вы и не думали, что из этого выйдет такая умная вещь!» Это высказывание, к которому я полностью присоединяюсь при надлежащем смягчении лестного для меня эпитета, должно напомнить читателю о том, что собранные в этом томике работы возникали *последовательно*: результаты более поздних работ были при написании ранних работ автору часто еще неизвестны. Вследствие этого материал, к сожалению, не всегда изложен в систематическом порядке, а кроме того имеет место постепенное *развитие* представлений, которое (вследствие простой перепечатки статей) не могло быть учтено путем изменения или шлифовки предыдущих разделов. Чтобы несколько уменьшить трудности, стоящие перед читателем, статьям предпослан *предметный указатель содержания*.

При перепечатке оригинальных работ без каких-либо изменений вовсе не имелось в виду, что уже удалось создать окончательную физическую теорию, которая допускает и требует дальнейшего развития, но не может быть подвергнута изменению в своих основных представлениях. Наоборот, простое воспроизведение оказалось предпочтительным потому, что при настоящем положении невозможно дать ни лучшего, ни, тем более, окончательного изложения теории.

Наряду с новой сквозной нумерацией страниц сохранена также (за исключением краткой заметки в «Naturwissenschaften») нумерация страниц оригинальных статей, облегчающая нахождение ссылок. В предметном указателе страницы указаны по новой, сквозной нумерации. [В данном издании указания на страницы опущены.— *Ред.*].

Цюрих, ноябрь 1926 г.

Предметный указатель содержания

Гамильтонова оптико-механическая аналогия есть аналогия с *геометрической* оптикой, поскольку *траектория* изображающей точки в конфигурационном пространстве соответствует в оптике *лучу света*, который определен лишь в рамках геометрической оптики. Представления волновой оптики ведут к отказу от понятия *траектории*, если размеры траектории *невелики* по сравнению с длиной волны. Только тогда, когда это так, остается приближенно применимым понятие траектории и с ним вся классическая механика. Напротив, для «микромеханических» движений основные уравнения механики неприменимы в той же степени, что и геометрическая оптика для решения дифракционных задач, и вместо основных уравнений механики следует, как и в оптике, пользоваться *волновым уравнением* в конфигурационном пространстве. Это уравнение сформулировано сначала для чисто периодических, синусоидальных во времени колебаний; его можно вывести также из «вариационного принципа Гамильтона». Оно содержит параметр E, соответствующий при переходе к макроскопическим задачам механической *энергии* и для каждого синусоидального во времени колебания равный частоте, умноженной на постоянную Планка h. Решения, которые вместе со своими производными во всем конфигурационном пространстве однозначны, непрерывны и ограниченны (конечны), могут быть у волнового, или колебательного, уравнения в общем случае только при некоторых избранных значениях параметра E — при *собственных значениях*. Они образуют «спектр собственных значений», который часто наряду с дискретными точками («*линейчатый* спектр») содержит также непрерывные части («*сплошной* спектр», в большинстве формул не учитываемый). Собственные значения либо совпадают с энергетическими уровнями (спектроскопическими «термами», умноженными на h) прежней квантовой теории, либо отличаются от них в согласии с опытом (невозмущенное кеплерово движение, гармонический осциллятор, жесткий ротатор, нежесткий ротатор, эффект Штарка). Указанные отличия состоят в появлении нецелых квантовых чисел (а именно, половин нечетных чисел) у осциллятора и ротатора и в отсутствие «избыточных» уровней в задаче Кеплера (а именно, уровней с исчезающим азимутальным, или экваториальным, квантовым числом). В этом пункте имеется согласие с квантовой механикой Гейзенберга, что допускает общее обоснование квантовой и волновой механики.

Для вычисления собственных значений и соответствующих решений волнового уравнения («*собственных функций*») в более сложных случаях развита *теория возмущений*, позволяющая более трудную задачу свести с помощью квадратур к «близкой» задаче, являющейся более простой. «Вырождение» соответствует наличию *кратных* собственных значений. С физической точки зрения наиболее важен случай, когда, как, например, при эффектах Зеемана и Штарка, кратное собственное значение под дей-

ствием возмущающих сил расщепляется (общая теория, эффект Штарка).

Чтобы понять, как малая механическая система может испускать *электромагнитные* волны с частотой, равной разности термов (разность двух собственных значений, деленная на h), и как получить теоретические результаты об интенсивности и поляризации электромагнитных волн, необходимо приписать функции ψ в конфигурационном пространстве определенный физический, а именно электромагнитый, смысл; до сих пор она имела чисто формальный смысл, удовлетворяя указанному выше волновому уравнению. Физический смысл функции ψ выясняется для общего случая системы с произвольным числом степеней свободы лишь в конце серии работ (предварительная попытка для задачи об *одном* электроне оказалась несовершенной). Определенное распределение ψ в конфигурационном пространстве толкуется как непрерывное распределение электрического заряда (и плотности электрического тока) в реальном пространстве. Если из этого распределения заряда вычислить обычным путем составляющую электрического момента всей системы в каком-нибудь направлении, то эта последняя оказывается суммой отдельных *слагаемых*, получающихся как парные *комбинации* каждых двух собственных колебаний. Каждое такое слагаемое колеблется во времени синусоидально с частотой, равной разности соответствующих собственных частот (однако там нужно заменить $\dot{\psi}$ на $\bar{\psi}$, в результате чего вычисления несущественно изменяются, точнее упрощаются). Если длина волны *электромагнитных* волн, соответствующая разностной частоте, велика по сравнению с размерами объема, в котором сосредоточено все распределение заряда, то по законам обычной электродинамики амплитуда парциального момента (или, точнее говоря, квадрат амплитуды, умноженной на четвертую степень частоты) есть мера интенсивности света, излученного с *данной* частотой и *данной* поляризацией. Электродинамическая гипотеза о ψ и последующее чисто классическое вычисление излучения базируются на опыте, поскольку они дают обычные *правила отбора* и *поляризации* для осциллятора, ротатора и атома водорода; кроме того, они дают для тонкого расщепления линий серии Бальмера в электрическом поле удовлетворительные отношения интенсивностей.

Если возбуждено только *одно* собственное колебание или собственные колебания с *одной* собственной частотой, то распределение заряда будет *статическим*; однако при этом могут образоваться *стационарные токи* (магнитные атомы). Таким образом выясняется *устойчивость* основного состояния и *отсутствие* излучения в этом состоянии.

Амплитуды парциальных моментов тесно связаны с теми величинами («матричными элементами»), которые, согласно формальной теории Гейзенберга, Борна и Иордана, определяют излучение. Можно доказать далеко идущую формальную тождественность обеих теорий, согласно которой вычисленные частоты испускания и правила отбора и поляризации всегда совпадают, причем отмеченный выше успех при вычислении интен-

сивностей можно в равной степени отнести в актив как матричной теории, так и теории, излагаемой здесь.

Все предыдущее относится к консервативным системам; окончательная формулировка теории неконсервативных систем может быть дана только в последней работе. Для неконсервативных систем использованное ранее колебательное уравнение должно быть обобщено и превращено в настоящее волновое уравнение, содержащее в явном виде *время* и пригодное не только для чисто синусоидальных колебаний (с частотой, входящей в уравнение как параметр), но и для произвольной зависимости от времени. С помощью обобщенного волнового уравнения можно рассмотреть взаимодействие системы с падающей световой волной и вывести разумную формулу дисперсии, опираясь на ту же электродинамическую гипотезу о функции ψ. Указано обобщение на случай произвольного возмущения. Затем из обобщенного волнового уравнения удается вывести интересный закон сохранения для «весовой» функции $\psi\bar{\psi}$, который только и дает полное оправдание пресловутой электродинамической гипотезе и позволяет вывести выражения для составляющих плотности электрического тока через распределение.

Системы, рассмотренные в первых пяти работах, не могут быть в полном смысле консервативными, поскольку они излучают энергию, что должно сопровождаться изменением этих систем. Таким образом, в волновом законе для функции ψ, по-видимому, отсутствует нечто, соответствующее «радиационной силе» классической электродинамики и вызывающее, например, затухание высших собственных колебаний по сравнению с низшими. Это необходимое дополнение до сих пор *не* получено.

Теория, о которой говорилось выше, соответствует классической (т. е. нерелятивистской) механике и не учитывает магнитного поля. Поэтому как волновое уравнение, так и составляющие 4-вектора тока не инвариантны при преобразованиях Лоренца. Для задачи об *одном* электроне можно легко дать естественное обобщение, учитывающее релятивизм и магнитное поле (лоренц-инвариантные выражения для составляющих 4-вектора тока в тексте не приведены, но их легко получить[1] из «уравнения непрерывности», которое выводится так же, как в нерелятивистском случае). Хотя таким образом мы приходим, при рассмотрении естественной тонкой структуры и эффекта Зеемана в атоме водорода, к формально разумным формулам для длин волн, интенсивностей и поляризаций, однако в зоммерфельдовой формуле тонкой структуры фигурирует в качестве азимутального квантового числа половина нечетного числа, что, разумеется, дает совершенно ошибочную картину расщепления [здесь приведены лишь результаты; вычисления произвел В. Фок (Ленинград) независимо от меня и до отправки моей последней работы; ему же удалось вывести релятивистское уравнение из вариационного принципа (Zeits. für Phy-

[1] Ср. также работу В. Гордона по эффекту Комптона (Zeits. für Physik, в печати).

sik, 1926, 38, 242)]. Необходимо также усовершенствование волновой механики, о котором сейчас можно только упомянуть и которое имеет то же значение, что и учет электронного спина по Уленбеку и Гаудсмиту в старой квантовой механике, оперирующей с траекториями электронов; при этом, если в последней одновременно с введением электронного спина следует требовать ad hoc «полуцелых» азимутальных квантовых чисел, чтобы уже для атома водорода не прийти в резкое противоречие с опытом, то волновая механика (равно как и квантовая механика Гейзенберга) *непринужденно* дает эти полуцелые числа и поэтому с самого начала ведет к тому уточнению, необходимость которого в рамках прежней теории была выяснена только на более сложных явлениях, таких как эффект Пашена — Бака в водороде, аномальные эффекты Зеемана, структура мультиплетов, законы рентгеновских дублетов и аналогичные законы для дублетов щелочных металлов.

ЧТО ТАКОЕ ЖИЗНЬ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ФИЗИКИ

ПАМЯТИ МОИХ РОДИТЕЛЕЙ

Предисловие

Homo liber nulla de re minus g quam de morta cogitat; et ejus sapi entia non mortis sed ritae meditatio est.
Spinosa, Ethica, p. IV. Prop. 67 [1].

Обычно принято думать, что ученый должен в совершенстве знать определенную область науки из первых рук, и поэтому считают, что ему не следует писать по таким вопросам, в которых он не является знатоком. Это рассматривается, как вопрос noblesse oblige [2]. Однако для достижения моей цели я хочу отказаться от *noblesse* и прошу, в связи с этим, освободить меня от вытекающих отсюда обязательств. Мои извинения заключаются в следующем.

Мы унаследовали от наших предков острое стремление к объединенному, всеохватывающему знанию. Самое название, данное высочайшим

[1] Человек свободный ни о чем так мало не думает, как о смерти, и его мудрость состоит в размышлении не о смерти, а о жизни.— Спиноза, Этика, ч. IV, теорема 67.— (*лат.*).

[2] Честь обязывает (*франц.*).

институтам познания — университетам, напоминает нам, что с древности и в продолжение многих столетий универсальный характер знаний был единственным, к чему могло быть полное доверие. Но расширение и углубление разнообразных отраслей знания в течение последних ста замечательных лет поставило нас перед странной дилеммой. Мы ясно чувствуем, что только теперь начинаем приобретать надежный материал для того, чтобы объединить в одно целое все, что нам известно; но с другой стороны, становится почти невозможным для одного ума полностью овладеть более чем какой-либо небольшой специальной частью науки.

Я не вижу выхода из этого положения (чтобы при этом наша основная цель не оказалась потерянной навсегда), если некоторые из нас не рискнут взяться за синтез фактов и теорий, хотя бы наше знание в некоторых из этих областей было неполным и полученным из вторых рук и хотя бы мы подвергались опасности показаться невеждами.

Пусть это послужит мне извинением.

Большое значение имеют также трудности с языком. Родной язык каждого является как бы хорошо пригнанной одеждой, и нельзя чувствовать себя вполне свободно, когда ваш язык не может быть непринужденным и когда его надо заменить другим, новым. Я очень благодарен д-ру Инкстеру (Тринити-колледж, Дублин), д-ру Падрайг Броуну (колледж Сент-Патрик, Мэйнут) и, наконец (но не меньше, чем другим), мистеру С. К. Робертсу. Им доставило много забот подогнать на меня новое одеяние, и это усугублялось еще тем, что порой я не хотел отказаться от своего несколько «оригинального» собственного стиля. Если что-либо из него сохранилось, несмотря на стремление моих друзей смягчить его, то это должно быть отнесено на мой, а не на их счет...

Я очень обязан д-ру Дарлингтону и издателю (Об-во имперских химических производств) за клише для иллюстраций. В них сохранены все первоначальные детали, хотя не все эти детали имеют отношение к содержанию книги.

Дублин, сентябрь 1944 г.

Подход классического физика к предмету

«Cogito, ergo sum».
Descartes[1].

1. Общий характер и цели исследования

Эта небольшая книга возникла из курса публичных лекций, прочитанных физиком-теоретиком перед аудиторией около 400 человек. Аудитория почти не уменьшалась, хотя с самого начала была предупреждена, что предмет изложения труден и что лекции не могут считаться популяр-

[1] Мыслю, значит существую.— Декарт *(лат.)*.

ными, несмотря даже на то, что наиболее страшное орудие физика — математическая дедукция — здесь вряд ли может быть применена. И не потому, что предмет настолько прост, чтобы можно было объяснить его без математики, но скорее, обратное — потому что он слишком запутан и не вполне доступен математике. Другой чертой, создающей по крайней мере внешний вид популярности, было намерение лектора сделать основную идею, связанную и с биологией и с физикой, ясной как для физиков, так и для биологов.

Действительно, несмотря на разнообразие тем, включенных в книгу, в целом она должна передать только одну мысль, только одно небольшое пояснение к большому и важному вопросу. Чтобы не уклониться с нашего пути, будет полезно заранее кратко очертить наш план.

Большой, важный и очень часто обсуждаемый вопрос заключается в следующем: как могут физика и химия объяснить те явления *в пространстве и времени*, которые имеют место внутри живого организма?

Предварительный ответ, который постарается дать и развить эта небольшая книга, можно суммировать так: явная неспособность современной физики и химии объяснить такие явления совершенно не дает никаких оснований сомневаться в том, что они могут быть объяснены этими науками.



МАНДЕЛЬШТАМ

(1879—1944)

Леонид Исаакович Мандельштам родился в Могилеве в семье врача. Детство его прошло в Одессе; там же он поступил в Новороссийский университет. Однако за участие в студенческих беспорядках Мандельштам был исключен из университета; он продолжил свое образование в Страсбурге. В 1907 г. он стал приват-доцентом, а затем и профессором прикладной физики Страсбургского университета.

Незадолго до начала первой мировой войны, в 1914 г., Мандельштам вернулся в Одессу. Вскоре после Великой Октябрьской революции Мандельштам становится профессором вновь созданного Одесского политехнического института. В 1922 г. Мандельштама переводят в Москву, где он начинает заниматься вопросами радиотехники. В 1925 г. он становится профессором теоретической физики и радиофизики в Московском университете, с которым был связан до конца жизни.

Радиофизика и оптика лежали в центре интересов Мандельштама. Совместно с Г. С. Ландсбергом в 1928 г. он независимо и одновременно с Раманом открывает комбинационное рассеяние света. Физическую оптику Мандельштам рассматривал лишь как часть физики колебательных явлений, которым он посвятил свою научную

жизнь и которая так успешно развивалась рядом его учеников. Из них Андронов, Витт, Хайкин в 1937 г. написали «Теорию колебаний». Мы приводим предисловие Мандельштама к этой классической монографии по физике нелинейных колебаний.

ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ

Предисловие

Вряд ли есть в настоящее время необходимость специально обосновывать важное значение колебательных процессов в современной физике и технике. Можно без преувеличения сказать, что нет почти области в этих науках, в которых колебания не играли бы той или иной роли, не говоря уже о том, что ряд областей физики и техники всецело базируются на колебательных явлениях. Достаточно, например, указать на область электромагнитных колебаний, включающую в себя и оптику, на учение о звуке, на радиотехнику и прикладную акустику.

Общность колебательных процессов, их разнообразие и в то же время их специфическое своеобразие играют существенную роль в установлении внутренних связей между весьма разнородными, на первый взгляд, явлениями. Этим обстоятельством, как мне кажется, и обусловливается главным образом принципиальное значение и важность интересующей нас области.

Весьма существенно следующее: в области колебаний особенно отчетливо выступает взаимодействие между физикой и математикой, влияние потребностей физики на развитие математических методов и обратное влияние математики на наши физические знания. Несомненно, что в развитии таких математических проблем, как дифференциальные уравнения в частных производных, интегральные уравнения, в частности краевые задачи, разложение произвольных функций по ортогональным функциям и т. п., физические процессы сыграли не последнюю роль. Но и обратно, также несомненно, что только благодаря развитию этих математических дисциплин сделалось возможным углубленное понимание основных физических колебательных явлений.

До сравнительно недавнего времени интерес физиков, а также и техников, главным образом, хотя и не исключительно, был сосредоточен на «линейных» колебательных задачах, т. е. на таких, математическая формулировка которых приводила к линейным дифференциальным уравнениям, обыкновенным или в частных производных.

Относящийся сюда математический аппарат прекрасно разработан. Ряд результатов теории выкристаллизовался в определенную систему понятий и весьма общих положений. Благодаря тому, что физики этими поня-

тиями постоянно оперируют, применяя их к конкретным задачам, они приобрели уже, если так можно выразиться, физическую наглядность. Для физика такое понятие, как логарифмический декремент, значение его в явлениях резонанса, такие принципы, как принцип суперпозиции и связанное с ним разложение в ряд Фурье, и вообще спектральный подход, наличие n гармонических колебаний в системе с n степенями свободы, несомненно являются не только отвлеченными математическими понятиями и положениями; они связаны для него неразрывно с комплексом физических явлений. И это обстоятельство имеет существенное значение: оно дает возможность физику как бы инстинктивно, почти без вычислений разбираться в сравнительно сложных вопросах, легко обнаруживать связь между разнородными явлениями и, наконец, имеет, и это может быть самое важное, большую эвристическую силу.

Но в последнее время в ряде вопросов физики и техники выдвинулся новый класс колебательных проблем, для которых аппарат линейной теории колебаний оказался или недостаточным, или даже совершенно неприменимым.

Существенную роль в привлечении интереса к проблемам нового рода сыграло введение электронных ламп, открывшее новые, весьма целесообразные пути в вопросах как генерации, так и приема электромагнитных колебаний. Чрезвычайно важное применение получили эти новые явления в радиотехнике. Все те громадные успехи, которые были ею достигнуты в наше время, стали возможными только благодаря электронным лампам. Но и физика приобрела исключительно ценное, часто незаменимое орудие исследования. Для всестороннего охвата всех относящихся сюда разнообразнейших явлений, а также большого числа важных интересных явлений в акустике и механике, математический аппарат линейных дифференциальных уравнений абсолютно недостаточен. В его рамки заведомо не укладываются как раз те явления, которые здесь наиболее характерны и интересны. Дело в том, что дифференциальные уравнения, которые адекватным образом описывают эти явления, заведомо нелинейны. Сообразно с этим мы говорим о «нелинейных» системах.

Довольно естественно, что, особенно вначале, было известное стремление, трактуя эти новые, хотя и явно нелинейные, проблемы, по возможности не слишком удаляться от столь привычной линейной терминологии и столь же привычных линейных математических методов, приспособляя их так или иначе к новым обстоятельствам. При этом приходилось добавлять придуманные дополнения, без чего нельзя было, конечно, получить нужных ответов.

Такое «линеаризирование» всегда искусственно, редко бывает полезным, большей частью вообще ничему не научает, а иногда и прямо вредно. И действительно, в литературе известны ошибочные утверждения, вошедшие даже в учебники, обусловленные таким незаконным линеаризированием.

Другой путь для овладения нелинейными проблемами, о которых идет

речь, состоит в том, что каждая конкретная проблема трактуется уже как нелинейная, но индивидуально, с применением того или иного, наиболее к ней подходящего метода и с учетом ее специфических особенностей. Этот путь, конечно, сам по себе правилен. Идя по нему, ряд исследователей получили весьма ценные результаты, сохранившие все свое значение и в настоящее время. Сюда в первую очередь нужно отнести работы Ван-дер-Поля, сыгравшие существенную роль в развитии интересующей нас области. И в настоящее время иногда удобно в том или ином случае идти по этому пути.

Но не говоря уже о том, что фактически такие решения отдельных задач не имели достаточного математического обоснования, весь этот путь в качестве, так сказать, большой дороги вряд ли целесообразен, так как он не ведет к установлению тех общих точек зрения, той базы как математической, так и физической, которая необходима для достаточно полного и всестороннего охвата области нелинейных колебаний, в уже известной нам ее части, и, что еще важнее, для успешного дальнейшего планомерного развития.

А между тем основы математического аппарата, адекватного не только отдельным задачам, но и всему циклу проблем нелинейных колебаний, которые нас интересуют, существуют давно. Они заложены в знаменитых работах Пуанкаре и Ляпунова, работах, преследовавших, правда, совершенно другие цели. На связь этих работ с нашими проблемами колебаний впервые обратил внимание один из авторов настоящей книги [А. А. Андронов]. Исследования авторов, несомненно, сыграли весьма существенную роль в приспособлении этого аппарата для изучения колебательных проблем. Ими же были применены эти методы для решения ряда новых конкретных задач. Их же работами подведена солидная математическая база и под результаты других авторов, результаты, как уже сказано, весьма ценные, но разрозненные и до этих пор такой базы не имевшие.

Таким образом, основы необходимого общего математического аппарата существуют. Аппарат этот существенно труднее и сложнее, чем линейный, и это лежит в природе вещей. Физические процессы, охватываемые им, значительно сложнее и разнообразнее линейных процессов, являющихся лишь весьма узким частным случаем. Нужно сказать, что в настоящее время нелинейный аппарат еще гораздо менее разработан, чем линейный, и, конечно, гораздо менее привычен. Но много уже сделано, общие черты теории, которые дают направление дальнейшему развитию, существуют, существует и рабочий аппарат, дающий возможность планомерно решать ряд конкретных задач нелинейной теории колебаний.

Дальнейшее естественное развитие общей теории на этой базе будет способствовать, по моему мнению, тому, что и в сложной области нелинейных колебаний еще в большей мере, чем это уже имеет место сейчас, выкристаллизуются свои специфические общие понятия, положения и методы, которые войдут в обиход физика, сделаются привычными и на-

глядными, позволят ему разбираться в сложной совокупности явлений и дадут мощное эвристическое оружие для новых исследований.

Физик, интересующийся современными проблемами колебаний, должен, по моему мнению, уже теперь участвовать в продвижении на этом пути. Он должен овладеть уже существующими математическими методами и приемами, лежащими в основе этих проблем, и научиться их применять.

Известным препятствием служило до сих пор почти полное отсутствие в нашей и, насколько я знаю, в заграничной литературе соответственного систематического изложения общих основ теории нелинейных колебаний и их физических применений, рассчитанного на физиков. Настоящая книга стремится заполнить этот пробел. Основная цель ее — ввести читателя в круг идей, лежащих в основе теории нелинейных колебаний и ее применений. Центр тяжести изложения лежит сообразно с этим не в решении возможно большего количества отдельных задач, а в выяснении основных положений и основных методов, адекватных для области нелинейных колебаний в целом. Это, конечно, не значит, что в книге не уделено достаточного внимания конкретным проблемам. Наоборот, разбору таких проблем, и в первую очередь проблем, с которыми физику и технику постоянно приходится иметь дело, уделяется довольно много места. Но эти проблемы рассматриваются под углом зрения общих положений, они являются примерами и иллюстрациями применения общих методов. Иногда для выяснения той или другой стороны теоретических рассуждений авторы пользуются несколько искусственными примерами, но зато выпукло оттеняющими эти рассуждения.

Изложение авторов, базирующееся, как было упомянуто, на работах Пуанкаре и Ляпунова, обладает одной весьма положительной чертой: в математической трактовке физических проблем часто бывает так, что цепь математических рассуждений, связывающая исходные уравнения с окончательными результатами, допускающими физическую интерпретацию, весьма длинна, причем отдельные ее звенья такой интерпретации не поддаются. Авторы удачно сумели воспользоваться тем обстоятельством, что излагаемые ими методы позволяют придать физический смысл и отдельным звеньям этой цепи. Это значительно оживляет теорию и облегчает ее усвоение.

В вопросах принципиальных авторы там, где это целесообразно, выходят из рамок собственной темы. Сюда относятся, например, довольно подробный интересный разбор вопросов идеализации физических проблем, вопросы, связанные с ролью начальных условий; сюда же может быть отнесен ряд рассуждений, относящихся к так называемым релаксационным колебаниям.

Достаточно обстоятельно излагаются методы так называемого качественного интегрирования, дающие ряд ценных указаний относительно протекания колебательных процессов. По моему мнению, авторы поступают правильно, иллюстрируя эти методы на хорошо известных и при-

вычных случаях линейных систем, где, конечно, применимы более простые, прямые методы. Важному вопросу о существовании периодических решений уделено соответственное внимание. Детально изложены вопросы, относящиеся к проблемам с «малой» нелинейностью, проблемам, имеющим в расчетном смысле чрезвычайно важное значение. Подробно разобран вопрос об устойчивости.

Все эти проблемы рассмотрены применительно к наиболее простому случаю системы с одной степенью свободы без внешней силы (так называемые автономные системы). То же относится и к разобранным в конце книги конкретным задачам и примерам. Эти вопросы изложены с большой полнотой; но читатель не найдет в книге ни задач, связанных с воздействием внешней силы, ни задач, относящихся к системам с несколькими степенями свободы и к системам с распределенными параметрами. Между тем все эти проблемы несомненно важны и интересны. Однако, если принять во внимание, как велик объем всего материала, относящегося к нелинейным колебаниям, с одной стороны, и основную цель книги — ввести читателя в круг общих идей и методов — с другой, то выбор авторов станет понятным. Автономные системы с одной степенью свободы — наиболее простые системы, и они в то же время являются теми элементами, которые лежат в известном смысле в основе всех более сложных систем.

Теоретический аппарат, необходимый для рассмотрения этих последних, базируется на тех общих положениях, которые изложены здесь и представляют собой его дальнейшее развитие. Таким образом, хотя в настоящей книге разобран сравнительно узкий цикл вопросов, по существу она является введением в общую теорию нелинейных колебаний.

Я не сомневаюсь, что свежая и оригинальная книга, предлагаемая вниманию читателя, будет ценным вкладом в нашу литературу по колебаниям.

1935 г.



ЛАНДАУ

(1908—1968)

Лев Давидович Ландау родился в Баку в семье инженера-нефтяника; мать ученого была врачом. Ландау кончил школу тринадцати лет, высшую математику он изучил самостоятельно; впоследствии он говорил, что не помнит себя не умеющим интегрировать. В Бакинском университете Ландау учился сразу на двух факультетах — физико-математическом и химическом. В 1924 г. он перешел в Ленинградский университет, который окончил в 1927 г. Годом раньше он публикует свои первые работы по квантовой механике. В 1929 г. Ландау на полтора года уезжает за границу. Он работает в Англии, Швейцарии, а затем в Дании. Пребывание в Копенгагене оказывает на него наибольшее влияние: Ландау всегда считал себя учеником Бора. Несколько лет Ландау работал в Ленинградском физико-техническом институте, а затем — во вновь созданном Украинском физико-техническом институте в Харькове; там же начала складываться его школа физиков-теоретиков.

В 1937 г Ландау переезжает в Москву, где возглавляет отдел теоретической физики в Институте физических проблем, который основал П. Л. Капица. В этом институте Ландау плодотворно работает до трагической автомобильной катастрофы в январе 1962 г., от последствий которой он так и не оправился.

Работы Ландау посвящены почти всем разделам физики; но, наверное, главным его делом было развитие квантовой теории твердого тела и создание теории квантовых жидкостей: в первую очередь теории явления сверхтекучести, открытого в 1938 г. П. Л. Капица. Эти исследования Ландау отмечены Нобелевской премией 1962 г.

Большое влияние на развитие физики и особенно на формирование обширной школы теоретической физики в Советском Союзе оказал многотомный «Курс теоретической физики», написанный совместно с Е. М. Лифшицем; этот курс удостоен Ленинской премии 1962 года. Мы приводим введение, с которого начинается первый том — «Механика» (1940), первоначально написанный вместе с Л. Пятигорским.

КУРС ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ. МЕХАНИКА

Физика, как известно, состоит, собственно говоря, из двух наук: физики экспериментальной и физики теоретической. Громадное количество известных нам физических законов может быть выведено из очень небольшого числа весьма общих соотношений; однако такое выведение, так же как и установление самих основных законов, требует своеобразных методов и поэтому составляет задачу особой науки — теоретической физики.

Для построения своих выводов и заключений теоретическая физика пользуется приемами и методами математики. Однако от последней она резко отличается непосредственной связью с результатами эксперимента. Не говоря уже о том, что установление общих законов возможно только на основе экспериментальных данных, даже нахождение следствий из общих законов нуждается в предварительном экспериментальном изучении явлений. Без такого изучения часто невозможно установить, какие из громадного числа участвующих факторов существенны, а какими можно пренебречь. После того как получены уравнения, учитывающие только существенные факторы, задача теоретической физики, собственно говоря, в основном заканчивается. Дальнейшее применение полученных уравнений к более или менее сложным конкретным случаям является уже скорее предметом математики и изучается отделом математики, носящим название математической физики.

Теоретическая физика ставит себе целью нахождение физических законов, т. е. установление зависимости между физическими величинами. Определение же численных значений физических величин, вообще говоря, в ее задачи не входит. Эксперимент справляется с этим кругом вопросов относительно настолько легко, что в огромном большинстве случаев отсутствует самая необходимость подобных вычислений, которые к тому же потребовали бы громадной затраты времени и труда. Исключение составляют простейшие случаи, когда численные значения величин непосредственно вытекают из теории.

Следует отметить, что поскольку задача теории состоит всегда в установлении зависимостей между различными величинами, характеризующими данное явление, теория явления может быть построена только в

том случае, когда в природе такая связь действительно существует. Сплошь и рядом, однако, между представляющими интерес величинами никакой связи вовсе не существует, т. е. эти величины могут встречаться в природе в самых различных комбинациях. Таким образом, отсутствие теории какого-либо явления далеко не всегда означает, что оно не поддается объяснению. Отсутствие закономерности при этом так же может вытекать из общих законов, как в других случаях сами закономерности.

Громадную роль в теоретической физике играет приближенное рассмотрение. Прежде всего совершенно точные законы природы нам еще неизвестны. Все известные нам общие законы являются приближенными, хотя в громадном большинстве случаев даваемая ими точность является весьма высокой. Более того, требование абсолютной точности к физическим законам и не предъявляется. Достаточно, если существует какая-то заранее установленная область явлений, в которой точность данного закона удовлетворяет поставленной задаче. Так, мы спокойно применяем ньютоновскую механику к движению снаряда, хотя нам известно не только то, что эта механика не является абсолютно точной, но и то, что в нашем распоряжении имеется значительно более точная релятивистская механика.

Благодаря этому в теоретической физике рядом с более точными теориями прекрасно уживаются теории, неточность которых давно установлена,— поскольку они вполне сохраняют свою ценность для определенной области явлений (такие теории обычно называются классическими). Всякая логически замкнутая теория, верность которой была с известной степенью точности экспериментально доказана, никогда не теряет своего значения, и всякая более точная последующая теория охватывает ее как приближенный результат, справедливый в некоторых частных случаях. Это, конечно, не относится к теориям, страдающим внутренними противоречиями, которые всегда имеют значение только одного из этапов развития теоретической физики.

Таким образом, приближения играют очень важную роль в общих физических теориях. Не менее велика, однако, их роль и при выводе из общих теорий конкретных физических законов. Слишком точные вычисления с учетом несущественных факторов не только бесплодны и излишне усложняют результат расчета, но могут даже привести к тому, что существующие в данном явлении закономерности вообще выпадут из рассмотрения. Дело в том, что приближенным может оказаться не только данный конкретный вид закона, но и само существование функциональной связи между характеризующими данное явление величинами, и за пределами данной точности эти величины могут встречаться в произвольных комбинациях.

Определение степени приближения, с которой данное явление должно рассматриваться, чрезвычайно существенно при его теоретическом исследовании. Особенно грубой ошибкой является тщательное вычисление с учетом всевозможных мелких поправок и применением слишком точных общих теорий в случаях, когда одновременно с этим пренебрегают гораздо большими величинами.



ФЕРМИ
(1901—1954)

Энрико Ферми родился в Риме в семье служащего. Он окончил Пизанский университет и затем продолжил образование, полученное в значительной степени путем самостоятельных занятий, в Геттингене у Борна и в Лейдене у Эренфеста. С 1926 г. Ферми — профессор университета в Риме. Там в течение 12 лет он создал итальянскую школу современной физики; к этому времени относятся его теоретические работы по приложению квантовой механики к разнообразным явлениям атомной, молекулярной и ядерной физики. Мысль Паули о нейтрино привела в работах Ферми к созданию теории β-распада.

После открытия нейтрона Чадвиком и искусственной радиоактивности Жолио Кюри и Ирэн Кюри Ферми вместе со своими учениками занялся изучением этих явлений, где им были достигнуты замечательные результаты, увенчанные в 1938 г. Нобелевской премией. Отправившись вместе с семьей в Стокгольм получить Нобелевскую премию, Ферми решил не возвращаться в Италию, где фашистский режим создал невыносимые условия для творческой работы. Ферми эмигрировал в США, став профессором Колумбийского университета.

В 1938 г. Хан и Штрассман открыли деление урана, и уже через 4 года Ферми построил в Чикаго атомный реактор, в котором впервые происходила управляемая самоподдерживающаяся цепная ядерная реакция. Именно с этих работ начался атомный век — век атомной энергетики и ядерного оружия. Годы войны Ферми провел в секретных лабораториях Лос-Аламоса, участвуя вместе с крупнейшими физиками мира в создании атомной бомбы.

Однако после 1945 г. Ферми оставил нейтронную физику, область, которую он по существу создал; он утверждал, что ученый должен менять область своих занятий. Ферми обратился к физике элементарных частиц — к исследованию мезонов на первых ускорителях частиц высокой энергии.

Ферми был замечательным лектором. Конспекты его лекций и ныне представляют большой интерес, свидетельствуя об исключительной ясности и точности его ума; его образные и прозрачные решения давали четкую картину сложных явлений, лишенную какой-либо нарочитой общности или абстрактности. Его сильная и независимая личность привлекала многих, несмотря на сложный, а иногда, по мнению некоторых, малодоступный характер: недаром еще в Италии ученики называли его Папой — за непогрешимость и авторитет!

Мы приводим предисловие к одной из последних книг Ферми «Элементарные частицы» (1951).

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

Предисловие

Пожалуй, наиболее важной проблемой теоретической физики в течение последних двадцати лет было описание элементарных частиц и взаимодействия между ними. Теория излучения Дирака и последующее развитие квантовой электродинамики заложили основу современного понимания электромагнитного поля и связанных с ним частиц — фотонов. В частности, эта теория может объяснить процессы рождения фотонов при испускании света и процессы исчезновения фотонов при поглощении света. Полевые теории других элементарных частиц построены по образцу теории фотонов. В основу их положено предположение, что каждому сорту элементарных частиц соответствует поле, квантами которого эти частицы являются. Таким образом, кроме электромагнитного поля, вводится еще электронно-позитронное поле, нуклонное поле, несколько типов мезонных полей и т. д.

Уравнения Максвелла, описывающие макроскопическое поведение электромагнитного поля, хорошо и давно известны. Поэтому естественно думать, что именно эти уравнения нужно проквантовать, чтобы построить квантовую электродинамику. Это и было проделано с определенным успехом. За последние два или три года остающиеся трудности, свя-

занные с бесконечным значением электромагнитной массы и так называемой поляризацией вакуума, были в значительной мере преодолены в работах Бете, Швингера, Томонага, Фейнмана и др. Эти работы смогли удовлетворительно объяснить лэмбовский сдвиг уровней в тонкой структуре атома водорода и аномальный магнитный момент электрона как результат взаимодействия с полем излучения.

После фотонов частицами, лучше всего известными из эксперимента и лучше других описываемыми теорией, являются электроны и позитроны. В полевой теории электронов и позитронов за уравнения электронно-позитронного поля берутся релятивистские уравнения Дирака. Метод квантования в этом случае должен быть таким, чтобы удовлетворялся принцип Паули для электронов и позитронов, в отличие от фотонного поля, где приложима статистика Бозе — Эйнштейна.

Менее убедительными являются попытки описания полей, о которых мы имеем гораздо более скудные экспериментальные данные.

Протоны и нейтроны, которые, подобно электронам, подчиняются принципу Паули и обладают спином $^1/_2$, обычно также описываются уравнением Дирака. Однако такая трактовка выходит за рамки наших теперешних экспериментальных данных, так как до сих пор не найдено отрицательных протонов (аналогов позитронам). Не найдено также антинейтронов. Последняя предполагаемая частица является «двойником» нейтрона, подобно тому как позитрон является «двойником» электрона. Антинейтрон отличается от нейтрона тем, что его магнитный момент направлен параллельно спиновому (а не антипараллельно, как у обычного нейтрона). Затруднения теории связаны также с тем, что, согласно теории Дирака, магнитный момент протона следует предполагать равным одному ядерному магнетону, а магнитный момент нейтрона — равным нулю. Тот факт, что нейтрон в действительности имеет момент, равный — 1,9103, а протон — момент, равный +2,7896 ядерного магнетона, объясняется действием мезонного поля, окружающего нуклоны. Если это объяснение справедливо, мы должны прийти к выводу, что протон и нейтрон — гораздо более сложны, чем это выглядит, когда их описывают уравнением Дирака.

До сих пор мы говорили о частицах, основные свойства которых мы знаем довольно обстоятельно. Но есть и другие частицы, существование которых известно или подразумевается. О свойствах таких частиц в некоторых случаях можно только высказать предположения.

Предположение о существовании нейтрино было сделано Паули, чтобы избежать нарушения закона сохранения энергии при β-распаде. Это — нейтральная частица. Масса нейтрино или равна нулю, или крайне мала (в энергетических единицах меньше нескольких *кэв*). Спин нейтрино считается равным $^1/_2$; магнитный момент или равен нулю, или очень мал. В теории β-распада нейтрино обычно описывается уравнением Дирака, что дает два типа нейтрино (собственно нейтрино и антинейтрино), связанных друг с другом, подобно электрону и позитрону.

Однако это не есть единственный возможный способ описания нейтрино. Другой способ описания, в котором нет антинейтрино, был предложен Майораной. Показано, что в приложении к β-распаду теория Майораны дает обычно те же результаты, что и теория Дирака. Исключение составляет рассмотренный недавно весьма маловероятный случай двойного β-распада. Теория β-распада, основанная на гипотезе о существовании нейтрино, достигла некоторых успехов в объяснении общих свойств явления. В частности, удалось объяснить распределение по энергиям электронов распада. Но, с другой стороны, до сих пор не найдено вполне удовлетворительной формы этой теории. Вместо одной удовлетворительной теории β-распада имеется несколько теорий, не вполне приемлемых.

Многое было сделано в полевой теории мезонов, впервые выдвинутой Юкавой в попытке объяснить ядерные силы. Мезон Юкавы следует отождествить с π-мезоном. μ-Мезон, являющийся продуктом распада π-мезона, слабо связан с нуклонами и поэтому не считается носителем ядерных сил. Теория Юкавы оказалась очень ценным ориентиром в экспериментальных исследованиях и, вероятно, содержит немало верных путей к будущей теории. В частности, мезонной теории мы частично обязаны открытием рождения мезонов при столкновениях быстрых нуклонов. С другой стороны, попытки математической формулировки мезонной теории имели весьма скромный успех. Часто бывает, что результаты, полученные в теории с помощью сложного математического аппарата, оказываются не лучше, чем прикидочная оценка порядка величины. Это неудовлетворительное положение будет, вероятно, исправлено только тогда, когда большее количество экспериментальных данных укажет нам путь к правильному пониманию.

Мы не пытаемся здесь обсуждать математический аппарат полевых теорий. Наша цель — проиллюстрировать на простых примерах полуколичественные методы, которые могут оказаться полезными при интерпретации экспериментов. В некоторых случаях более строгое математическое рассмотрение не приводит к более точным результатам, ибо нет еще совершенной теории. В других случаях качественные соображения, приведенные в книге, могут служить введением к более полному изучению проблемы.



ПАУЛИ

(1900—1958)

Вольфганг Эрнст Паули родился в семье профессора Венского университета. Учился он в Мюнхене. Как и многие выдающиеся теоретики его поколения, Паули был учеником Зоммерфельда. Одна из первых проблем, к которой молодой Паули приложил свои силы, был вопрос об аномальном эффекте Зеемана. О своей увлеченности этой задачей Паули писал: «Когда в Мюнхене друзья спрашивают меня: «Почему Вы так несчастливо выглядите», я всегда отвечал: «Разве может быть счастливым тот, кто размышляет об аномальном Зееман-эффекте?» Эта задача не была тогда решена Паули, но установленный им впоследствии (1924 г.) принцип, так называемый принцип Паули в квантовой механике, в конечном счете, привел при создании современной теории атома к полному решению и этого вопроса. После Мюнхена Паули работал в Геттингене и Гамбурге; год он провел у Бора в Копенгагене. С 1928 г. Паули стал профессором теоретической физики в Федеральном политехникуме в Цюрихе. Пять лет второй мировой войны Паули провел в США, работая в Институте перспективных исследований в Принстоне. Затем снова вернулся в Цюрих, где активно работал до последних дней жизни.

Работы Паули посвящены основным проблемам современной теоретической физики. Отмеченный Нобелевской премией 1945 г. принцип Паули, связанный с неразличимостью элементарных частиц, ныне воспринимается как один из основных законов природы. Известное замечание Паули о сохранении энергии при β-распаде привело к открытию нейтрино. Существенное значение имеют его исследования о пространственной временно́й и зарядовой инвариантности взаимодействий. Большое влияние на развитие физики оказали не только работы Паули, но и сама его личность, для которой была характерна необычайная сила ума и ясность мысли. Паули не был хорошим лектором, однако он был блестящим полемистом. Многие его идеи были высказаны в виде замечаний, иногда ядовитых по форме, в ходе острых дискуссий и в обширной переписке.

Мы приводим предисловие к изданию 1956 года первой книги Паули «Теория относительности».

ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Предисловие

Тридцать пять лет тому назад, в относительно раннем возрасте — 21 года,— мною был написан этот обзор по теории относительности для энциклопедии математических наук. Статья впервые была опубликована в виде отдельной монографии вместе с предисловием А. Зоммерфельда, который, как редактор этого тома энциклопедии, нес ответственность за мое авторство. Цель статьи заключалась в полном обзоре всей литературы по теории относительности, существовавшей к тому времени (1921). С тех пор написание учебников, обзоров и статей по теории относительности разрослось в поток, который вновь усилился в связи с 50-летней годовщиной первых работ Эйнштейна по теории относительности, в том самом 1955 г., когда все физики скорбили о его смерти.

В таком положении при новом издании книги следовало отказаться от всякой мысли о полноте обзора всей существующей теперь литературы. Поэтому для сохранения характера книги как исторического документа я решил просто перепечатать старый текст в его первоначальном виде, добавив только некоторое число примечаний в конце книги, относящихся к определенным местам изложения. Эти примечания должны дать читателю выборочные сведения о более поздних достижениях теории относительности, а также представить мои личные взгляды по некоторым спорным вопросам.

Особенно в последнем примечании, посвященном единой теории поля, я не мог скрыть от читателя свое скептическое отношение ко всем такого рода попыткам, которые предпринимались до сих пор, а также к надеждам на будущий успех теории такого рода. Эти вопросы тесно свя-

заны с проблемой области применимости понятий классической теории поля в приложении к чертам атомного строения природы. Та критическая точка зрения, которую я осмелился развить в последнем параграфе первоначального текста, в отношении любых решений, следующих по этому классическому пути, с тех пор была существенно углублена в теоретико-познавательном анализе квантовой, или волновой, механики, сформулированной в 1927 г. С другой стороны, Эйнштейна до конца его жизни поддерживала надежда на полное решение, которое можно будет получить на пути классической полевой теории. Эта разница в точках зрения смыкается в великой нерешенной задаче о связи теории относительности и квантовой теории, которая несомненно будет еще долгое время занимать физиков. Следует в особенности еще отметить, что ясной связи между общей теорией относительности и квантовой механикой также не видно.

Именно потому, что в последнем примечании я подчеркнул различие во взглядах на проблемы, которые выходят за первоначальные рамки специальной и общей теории относительности и которых, с одной стороны, придерживался сам Эйнштейн, а с другой — большинство физиков, включая меня самого, я хотел бы заключить это предисловие некоторыми смягчающими замечаниями о месте теории относительности в развитии физики.

Существует точка зрения, согласно которой теория относительности есть как бы конечный пункт классической физики, под которой мы понимаем физику Ньютона — Фарадея — Максвелла, подчиненную детерминистической причинности во времени и пространстве, тогда как затем пришли новые квантовомеханические законы природы. Эта точка зрения кажется мне верной лишь частично, и она не отдает должное большому влиянию Эйнштейна, творца теории относительности, на современный образ мышления физиков. В эпистемологическом анализе последствий конечности скорости света (а вместе с ней и скоростей всех сигналов) специальная теория относительности была первым шагом от наивной наглядности. Так, пришлось отказаться от понятия состояния движения «светоносного эфира», как ранее называлась эта гипотетическая среда, не только потому, что это движение не наблюдаемо, но и потому, что оно стало лишним в математическом формализме, только нарушающим теоретико-групповые свойства преобразований.

Путем расширения группы преобразований в общей теории относительности Эйнштейн мог избавиться от предпочтительных инерциальных систем координат, как несовместимых с теоретико-групповыми свойствами теории. Без этого общего критического подхода, при котором отказывались от наивной наглядности в пользу анализа понятий и соответствия между наблюдаемыми данными и математическими величинами теоретического формализма, была бы невозможна современная форма квантовой теории. Принцип дополнительности в квантовой теории в теоретико-познавательном анализе соответствия кванта действия привел к

дальнейшим шагам в сторону от наивной наглядности наших представлений. В этом случае следовало отказаться как от понятия классической теории поля, так и от понятия о траекториях частиц (электронов) во времени и пространстве в пользу рациональных обобщений. И опять, от этих понятий отказались не только потому, что орбиты не наблюдаемы, но и потому, что они стали лишними и их включение только нарушило бы собственную симметрию общих групп преобразований, лежащих в основе математического формализма теории.

В теории относительности я вижу пример того, как фундаментальное научное открытие, иногда даже вопреки сопротивлению ее создателя, дает начало дальнейшему плодотворному развитию, следующему уже своим независимым путем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

История научного метода заключена в самой науке. Исходя из этого положения, составитель решил последовательно ознакомиться со вступлениями к работам, ставшим вехами в развитии естествознания. Однако, выделив из всей совокупности данных вступления и предисловия, мы совершаем отбор, фильтрацию материала. Поэтому естественно возникает вопрос о представительности и полноте этой картины, иными словами, о мере ее объективности.

Всякий опыт представления прошлого есть проекция минувшего. Прошлое многомерно, а проекция дает лишь один разрез существовавшего некогда многообразия событий, лиц, идей. Поэтому как для читателя, так и для составителя важно уяснить работу механизма отбора, понять, как действует предложенный нами подход к прошлому.

В данном очерке мы укажем исторические границы рассматриваемого периода. Мы проследим за теми факторами, которые определяют избранные сочинения, и остановимся на тех пропусках, неизбежных пропусках, которые возникают в общей картине, и в то же время попытаемся оценить ее полноту и представительность. Мы отметим те особенности содержания и формы, которые отражены в предисловиях как явлениях литературы. Наконец, мы укажем на область применимости развитого приема и определим некоторые выводы, к которым нас приводит анализ созданного таким образом автопортрета науки.

Время, охваченное сборником, начинается с эпохи Возрождения, иными словами, мы всецело обращаемся к развитию знаний Нового Времени. Есть ряд причин такого ограничения рассматриваемого интервала времени, однако наиболее существенным представляется то, что последние пять веков являют нам единую и последовательную цепочку событий в европейской и мировой культуре, оказывающих в своей совокупности определяющее влияние на настоящее.

Эпоха Возрождения — так названо удивительное время в нашей истории. Время, когда с исключительной мощью проявились свежие общественные силы, разорвавшие идейные оковы феодализма, которые связывали Европу на протяжении тысячелетия. Развитие городов и

становление буржуазии привело к расцвету ремесла и торговли. Нарождающийся капитализм дал новые формы социально-экономических отношений. Великие географические открытия расширили наши представления о Земле почти до нынешних пределов. Устои католической церкви потрясла реформация. Гуманизм и просвещение преобразили мораль и этические нормы общества: изменилось само отношение к личности человека. Духовное раскрепощение привело к необыкновенному расцвету культуры — живопись и литература того времени до сих пор пленяют наше воображение.

Конец этой эпохи отмечен началом современного этапа развития науки. Именно тогда началось изучение природы, материального мира, самого человека на основе наблюдений и эксперимента, а не путем схоластики, созерцания и обращения к догме. Доказательство истины стали искать не в непротиворечивости авторитету, а в данных опыта. В рассматриваемых нами сочинениях мы видим те решительные скачки, которыми отмечено возникновение этого нового, научного мировоззрения. Может быть, единственно полезное, что было унаследовано от того прошлого, когда, выражаясь словами Тертулиана,— «...ни в одном исследовании после Евангелья нет больше нужды» — была воспитанная веками некоторая дисциплина и культура мышления. Все образование еще многие годы будет находиться в руках церкви, но, несмотря на это, часто ее воспитанники будут служить уже новым знаниям и новой культуре.

Рассматриваемое время ограничено сегодняшним днем. Однако в том, что мы завершаем этот обзор современностью, есть нечто большее, чем граница между прошлым и будущим.

Мы живем в эпоху социализма, в эпоху научно-технической революции. Вслед за революционным изменением экономических отношений в обществе радикально изменилось не только состояние науки, но и сама ее общественная функция. Наука стала производительной силой.

Многим кажется, что существенной стала коллективность науки, однако наука как часть общественного сознания, дающая каждому поколению сумму знаний и определяющая основные представления о мире, всегда была коллективной и интернациональной по своему духу, несмотря на то, что поворотные моменты в ее развитии четко связаны с отдельными лицами — их имена широко представлены в этой книге.

Если раньше наука была больше, хотя и не исключительно связана только с поиском научных истин, важность которых мотивировалась часто не столько практическими, сколько духовными запросами общества, то в эпоху научно-технической революции, когда использование научных результатов стало менее опосредованным, когда научные методы стали прямо проникать в технику и промышленность, неизбежно изменился и характер науки, и ее общественное лицо.

В нашу задачу не входит анализ того, как в будущем изменится развитие науки, хотя именно этим вопросом в значительной мере определяется тот повышенный интерес к истории науки, который ныне

столь распространен. Интерес к прошлому обостряется в переходные моменты истории тогда, когда особенно остро возникает желание через прошлое заглянуть в будущее. Действительно, если прежде история науки привлекала главным образом философов и педагогов, то теперь ее вопросы интересуют все более широкие круги ученых и инженеров. История науки стала интересовать всех, кому хочется понять, как возникла эта грандиозная и могущественная сила, имеющая теперь такое влияние не только на всю нашу культуру, но и на саму нашу жизнь. Поэтому всякая попытка дать проекцию прошлого, охватить путь, пройденный наукой, представляется не только интересной, но и практически поучительной. Нам существенно важно представить себе богатство прошлого, поскольку сегодня мы несомненно переживаем рубеж в развитии науки. Нам было бы легче определить этот исторический рубеж, если бы у нас была большая временна́я перспектива. Этого, однако, нам не дано.

Вопрос об исторической перспективе стоял перед составителем и в более узком смысле. Ретроспектива необходима и для суждения о том или ином труде, входящем в сборник. Чем дальше в прошлом расположена работа, тем проще о ней судить, поскольку при этом можно опираться на проверенные веками оценки многих поколений. Чем ближе к нам расположена работа, тем это суждение становится все более окрашенным субъективизмом личных взглядов и предвзятостью скоротечной интеллектуальной моды. Именно поэтому составитель в этом издании все же исключил труды ныне живущих ученых, хотя при этом возникают совершенно очевидные пробелы.

При составлении сборника в центре внимания составителя были вступления, в первую очередь — предисловия, иногда посвящения и введения к крупным монографическим работам, трудам, ставшим поворотными в развитии науки. Такой подход возможен, по существу, лишь начиная с XVI века, с того времени, когда вместе со становлением современной науки оформилась научная монография. Важным техническим фактором было изобретение книгопечатания: ведь труд «Об обращении небесных сфер» Коперника был издан всего лишь через 83 года после напечатания Гутенбергом его первой 46-строчной Библии (1460 г.).

В XVII веке существенную роль сыграло появление научных журналов, издававшихся основанными тогда научными обществами и Академиями наук. До этого обмен информацией между учеными в основном происходил путем переписки. Это не только очень ограничивало круг корреспондентов, но само качество научных сообщений было иным. Появление научной периодики, когда формирование научных идей стало публичным, подняло на новую ступень требования к работам, и тогда стали вырабатываться приемы написания научной статьи, которые до сих пор являются общепринятыми. Как правило, научному мемуару предшествуют введения, и составитель в ряде случаев находил в них полезный и интересный материал.

Составитель уже отмечал неизбежную неполноту представленной выше картины развития науки. Помимо промахов самого составителя и чисто случайных обстоятельств, влияющих уже на само качество предисловий и вступлений, есть один момент, который представляется существенным. В основе естествознания лежит научный факт, открытие нового явления, опыт. Однако само оформление открытий редко происходит путем написания капитального мемуара или книги. В физике, например, наиболее яркие, и потому неожиданные открытия, часто обнародовались в виде краткого сообщения, и только по прошествии времени возникало все более глубокое понимание важности свершившегося. Так было при открытии Эрстедом связи электричества и магнетизма, при открытии лучей Рентгена и радиоактивности. Если мы обратимся к этим работам, то мы не найдем в них интересных введений. Более того, интуитивный склад ума экспериментатора, часто более свободный от каких-либо формализованных представлений и теорий, не способствует тому, чтобы такой ученый искал повод для выражения методов и мотивов своей работы. Во всяком случае, такие ученые делали это более сдержанно, чем авторы следующего за ними эшелона, что никоим образом не умаляет ни их заслуг, ни величия их подвига, ибо без фактов и наблюдений, как бы они ни были иногда малы, никогда не было бы всей последующей работы теоретиков.

Действительно, ученый обращается к жанру научной монографии на следующей ступени тогда, когда он от фактов переходит к их обобщению, и от частных гипотез идет к созданию более полной теории. Может быть поэтому при первом знакомстве с данным сборником у читателя может создаться впечатление, совершенно превратное впечатление, о некотором примате теории над экспериментом. Однако ничто не может быть более ложным, и надо надеяться, что глубокое прочтение этой антологии служит тому веским доказательством.

Научный метод познания Мира, основанный на диалектическом взаимодействии опыта и теории, при всем разнообразии индивидуальных черт ученых, отражен в единстве и преемственности всего содержания сборника.

Основные понятия, возникновение которых мы проследили, по существу должны быть известны любому образованному человеку из учебников средней школы или первых курсов высшей: именно поэтому мы можем теперь отвлечься от основного содержания рассматриваемых книг и развить подход, лежащий в основе составления этой книги. Это соображение также лежит в основе отказа составителя от каких-либо подробных комментариев к материалам сборника. С другой стороны, следует напомнить и о прямом назначении предисловий. Может быть, для некоторых читателей возникнет потребность знакомства с тем сочинением, которое они предваряют.

Тем, кто не найдет среди авторов имен, имеющих, казалось бы, право быть представленными, надо со всей четкостью понять, что со-

ставитель на первое место ставил конкретные труды, а не фамилии. Этот сборник надо рассматривать как последовательную попытку создать образ научного метода, а не как цитатник, иллюстрирующий некую мысль: модель науки может уже следовать из этого материала.

Как уже отмечалось, сборник посвящен развитию естествознания. Основу современной науке о природе дает физика, и поэтому физике уделено столь заметное место. В самой физике составителя больше всего привлекало развитие механики, лежащей в основе наших представлений о пространстве, времени, материи. Очевидно, что механику следует понимать более широко — в нее теперь необходимым образом входят электродинамика, квантовая механика, теория относительности, решающие те же проблемы, которые во времена классики были уделом собственно самой механики. Развитие же молекулярной физики, физики твердого тела, жидкостей нами затронуто лишь на их начальных этапах, а все, что относится к прикладной механике, динамике твердого тела, гидродинамике, пришлось полностью исключить.

В сопредельных науках, в частности в химии, составитель также остановился на тех трудах, которые являются определяющими для развития ее главных понятий, понятий, стоящих на границе с физикой. Поэтому вопросам чисто химическим, таким как органическая химия, теория строения, уделено недостаточно внимания. К сожалению, по отмеченным выше соображениям исторической перспективы вне нашего внимания оказалась квантовая химия, не говоря уже о некоторых основных работах по квантовой механике.

В биологии составитель сосредоточил свое внимание на проблеме эволюции и ее механизме, раскрытом генетикой. Физиология и патология выделены не только как научные основы медицины. Физиология дает нам метод решения элементарных задач биологии, указывая путь к раскрытию механизма биологических явлений. Следует отметить, что вне рассмотрения оказались также основные события, связанные с созданием представлений молекулярной биологии. Однако читатель может проследить пути, которые в столь недавнем прошлом привели к возникновению современных представлений о механизме наследственности и работе клетки, когда объединенными усилиями генетиков и физиологов, биохимиков и физиков были решены некоторые основные проблемы науки о жизни. С другой стороны, мы видим, что проблемы сознания, поведения и памяти пока еще не нашли своего решения, и мы еще только нащупываем отдельные подходы к этим вопросам.

Следуя тому же методу, рассматривались науки о Земле и Космосе, когда именно на работах, направленных на поиски физических процессов развития мира, сконцентрировано основное внимание. В представленной картине развития наук о Земле остались не отраженными труды двух выдающихся геологов XIX века Лайеля и Зюсса, не давших достаточно сжатых вступлений ни к «Основам геологии», ни к «Лику Земли», трудам, оказавшим в то же время большое влияние на развитие

геологии. По соображениям объема пришлось также оставить за пределами сборника геофизику, метеорологию и сейсмологию, описательную географию.

Несколько слов о математике. В этом сборнике мы не находим работ Паскаля и Лейбница, Вейерштрасса и Римана, Галуа, Чебышева, Кантора, Лебега,— имена, без которых трудно представить себе сколько-нибудь полный образ этой науки. По-видимому, предложенный подход через узловые монографии здесь менее эффективен, чем в других науках, где несомненно так происходит четкий отбор главных событий. Может быть, традиции математиков, традиции их науки таковы, что у них часто нет нужды обращаться к посредничеству вступлений при обращении к своим коллегам и читающей публике.

Таким образом, в сборнике в основном представлены мыслители и ученые, которые в своих трудах дали широкие обобщения, сформулировали новые направления в науке. Недаром многие из представленных в сборнике книг справедливо считаются основополагающими для целых отраслей знаний. Совокупностью таких трудов в первую очередь определяются узлы остова наших основных представлений о природе, которые в итоге дают человеку синтетическую картину мира. Отметим, что можно проследить четкую параллель между появлением новой парадигмы в смысле Т. Куна и рядом избранных выше сочинений.

Каждому поколению известны авторы, написавшие обзорные книги, учебные курсы, оказавшие большое влияние на современников. Таков в XVII веке Мерсенн, в XVIII веке мы вспоминаем имена Мушенбрука, Бургаве и Бюффона; Био и Юнга — в XIX веке. Можно было бы думать, что такие ученые, известные энциклопедичностью своих знаний, могли бы предварять свои всеохватывающие сочинения содержательными вступлениями. Однако опыт показывает, что этого не происходит. По-видимому, та независимость мышления — общая и наиболее сильная черта всех тех, кто представлен в этой книге, в меньшей степени принадлежит тем ученым, которые подчинили свой талант эрудиции и у кого самостоятельность мышления отягощена часто избыточным бременем знаний. Именно тогда, когда мы обращаемся к работам ученых, известных, в первую очередь, собственными оригинальными творческими достижениями, мы находим интересные предисловия к их курсам и лекциям.

Особенно интересны книги, написанные в результате прочтения лекционного курса. Подобные книги начали появляться начиная с XIX века, и их возникновение, несомненно, связано с развитием светского высшего образования. Так было после Великой Французской революции, когда были основаны Политехническая и Нормальная школы, так было тогда, когда были созданы технические и медицинские учебные заведения, появившиеся, в первую очередь, в континентальной Европе после так называемой промышленной революции. При этом и старым университетам, где учебный процесс был больше основан на догматическом подходе к

классикам давно минувших дней, пришлось перестраивать свою деятельность, откликнуться на новые требования общественного развития.

Представленный в сборнике материал дает возможность проследить тесную связь между развитием науки и высшим образованием. Мы видим сотрудничество исследовательских институтов и университетов, клиник и медицинских академий. Эта связь необходима для нормального развития науки. Потребность в воспитании учеников и последователей дает сильнейший повод ученым для написания сочинений, появление которых служит в то же время важным каналом связи науки и общества. Действительно, на уровне интеллектуальных стандартов рассматриваемых работ то, что принято называть внедрением результатов научных исследований, часто наиболее действенно происходит через учеников, воспитанных учеными, через научную школу, созданную учителем, через труды, представленные выше. Именно так обеспечивается преемственность знаний и культуры, примеры которой легко найти в сборнике.

Как уже отмечалось, в этот сборник не вошли труды, связанные с практическими исследованиями, с прикладными науками. Действительно, ознакомление с такими книгами показывает, что в них редко можно найти предисловия, которые по своему уровню могли бы соседствовать с отобранными выше. Поэтому в сборник вошли фрагменты из сочинений, посвященных тому, что иногда называется «чистой наукой». Но ничто так не определяет практические возможности науки, как ее достижения в области отвлеченного знания. Каждому из приведенных примеров можно незамедлительно указать на конкретные практические последствия этих исследований. Представленные же сочинения связаны с высшими проявлениями творческого гения человека. Мотивы, управляющие учеными, сложнее и глубже той простой и непосредственной пользы, которую можно извлечь из знаний. Удовлетворение фундаментальных духовных интересов человека — создание картины мира и постоянный поиск законов его развития — вот что вело и ведет людей по пути, который мы проследили на протяжении последних пяти веков. Решение даже малого вопроса на грандиозном поприще науки, когда часто единственной и высшей наградой является духовное удовлетворение от процесса познания,— вот что ищет человек и что он стремится передать другим в вечной эстафете знаний.

Расположение материала по отделам знаний традиционно и следует исторически сложившейся дифференциации знаний. Внутри же каждого раздела составитель следовал хронологии. Однако при суждении о характере знаний данной эпохи полезно спроектировать содержание так, чтобы сблизить одновременно появившиеся труды, принадлежащие разным отделам, поскольку таким путем можно легко уловить доминирующие в данную эпоху умонастроения. Так, в XVIII веке хорошо видно стремление к точному научному описанию природы. Недаром с работ Лавуазье, Линнея, Галлера начинаются соответственно современная хи-

мия, биология, физиология. Доминирующим мотивом XIX века стала проблема эволюции (Кант, Геттон, Ламарк, Кювье, Дарвин).

Однако в XX в. снова стал существен синтетический подход, столь сильный в прошлом, особенно в XVII в. Но современный синтез проявляется не столько в создании некоей новой метанауки, сколько в характерном для нашего времени развитии проблем на стыках наук. Конкретно это проявляется в том, что в традиционную классификацию уже трудно уложить события современной науки: в какой раздел следует, например, поместить книгу физика Шредингера «Что такое жизнь...», которая в равной мере принадлежит физиологии, генетике и физике? Однако мы видим, что именно на контактах старых дисциплин возникают в настоящем наиболее интересные точки роста науки. Так родились биофизика и биохимия, геофизика, биогеохимия. Еще более широкие границы перекрывают попытки построения новых синтетических дисциплин, из которых, наверное, самой известной является кибернетика. Таким образом цементируется все здание науки, в то время когда центробежные силы специализации стремятся разгородить отрасли знаний о природе на узкие, мало связанные отделы, не имеющие, казалось бы, ничего между собой общего, кроме как свой главный объект.

Знакомство с предисловиями ставит перед нами вопрос об их форме и стиле. Удивительно то, насколько их стиль и форма мало изменились за рассматриваемый период по сравнению со способом изложения основного содержания работ. На смену геометрическому методу, унаследованному от античных классиков, пришел аналитический метод. Наглядные же графические образы играют теперь все бóльшую роль в представлении информации. За истекшие века необычайно обогатился наш научный язык. Однако эти изменения менее всего коснулись вступлений; по существу современные предисловия пишутся по тем же канонам и почти теми же словами, что и 400 лет тому назад, когда и сейчас перед автором стоят те же задачи, что и тогда: всегда на нескольких страницах он должен для широкого круга читателей дать свое credo. Эти обстоятельства ставят всех авторов в равное положение перед читателем и придают ту удивительную однородность всему материалу сборника, на которую нельзя не обратить внимания.

Заслуживает внимания поэтика предисловий, рассматриваемых как литературные произведения. Замкнутые по форме, они имеют свою экспозицию и концовку. Именно поэтому эти фрагменты могут существовать сами по себе и, будучи оторванными от основного текста, они мало что теряют. Предисловия часто пишутся отдельно, тогда, когда автор уже сам смотрит на свое сочинение несколько со стороны, перед тем как выпустить его в свет. Это нашло свое отражение в издательском приеме пагинации предисловий, страницы которых обычно отмечены римскими цифрами, и в авторской традиции датировки. Однако важнее всего

то, что этим нескольким страницам автор уделяет исключительное внимание и поэтому их следует принимать как наиболее ответственные документы истории науки. Это нашло свое отражение в том, что предисловия несомненно цитируются чаще, чем основное сочинение. С другой стороны, многие из этих научных миниатюр можно рассматривать как лучшие и высшие образцы научной прозы, когда-либо написанные. Последнее обстоятельство заставляет уделить много сил и внимания их переводам. Переводы же, заимствованные из других изданий, в большинстве своем сделаны или отредактированы крупными отечественными учеными, среди которых мы находим академиков Н. И. и С. И. Вавиловых, А. Н. Крылова, Д. Н. Прянишникова, К. А. Тимирязева, А. Ф. Иоффе и многих других. Следует заметить, что и собственные труды этих выдающихся ученых содержат интересные предисловия. Однако в них, так же как и в ряде других весьма значимых сочинениях, предисловия не в полной мере отвечают плану книги.

Законченность предисловий по существу не допускает их сокращения. В тех же редких и всегда оговоренных выше случаях, когда только лишь из соображений объема составитель вынужден был сокращать текст, это всегда делалось так, чтобы не нанести ущерба ни мыслям автора, ни интересам читателя. В случаях, когда составитель обратился к введениям, естественно, что сам процесс цитирования больше нарушал ткань авторского изложения.

При работе с материалом составитель не мог не обратить внимание на то, что основной интерес представляют предисловия к первым изданиям. Написанные тогда, когда автор еще не подвержен воздействию последствий своей работы, в предисловии к первому изданию он полнее всего раскрывает свои намерения, не пытаясь что-либо оговорить и исправить, как это постоянно бывает в переизданиях. Более того, есть ряд случаев, когда наибольший интерес представляет предисловие даже не к общепризнанному главному труду, а к тому, который ему предшествовал, но в котором уже нашли свое выражение основные мысли автора. Несомненно, предисловия могут служить ценным источником к познанию психологии творчества ученого и дают материал для суждения о типе и масштабе его мышления. Заметим, что предисловия, являясь в высшей степени личным посланием автора, в преобладающем большинстве случаев написаны от первого лица.

Предисловия часто становились ареной жестоких идеологических схваток. Укажем на предисловие издателя к труду Коперника, где благочестивый лютеранский монах Осиандер стремился представить теорию Коперника лишь как удобный способ описания солнечной системы, а не как истинную картину мира. Напомним о гневном предисловии Котса к третьему изданию «Начал», где молодой ученик Ньютона выступает против картезианства и Лейбница.

Наконец, мы обратим внимание на то, что вся совокупность материала книги приводит к убеждению о глубокой связи человеческих

чувств и мыслей. Именно тогда, когда мы приближаемся к их высшим проявлениям, то в поэзии науки и драме идей мы видим, что расстояние между типом мышления ученого точных наук и образным мышлением художника, что принято называть двумя культурами, совсем не так велико, как это иногда представляют. Хотелось бы надеяться, что настоящий сборник поможет преодолению этих рубежей, возникших, быть может, из-за стремительности роста самой культуры, тогда когда в ее разделении стали искать оправдание недостаточной полноты.

В этом сборнике составитель ограничил себя естественными науками. Однако ничто не мешает применить развитый подход и к другим областям. Более того, даже в художественной литературе писатели часто обращаются к предисловиям и выражают в них свои точки зрения на те или иные общие вопросы. Примером может служить предисловие Виктора Гюго к его исторической драме «Кромвель»: этот страстный манифест французской романтической литературы пережил саму пьесу, которая написана по там же приведенным эстетическим установкам. Поучительно сравнение предисловий к книгам по истории, где авторы со времен Фукидида традиционно формулируют свое мировоззрение и метод. Так, каждый, кому интересен подход к русской истории, с пользой прочтет предисловия Н. М. Карамзина или С. М. Соловьева к их известным книгам по истории России.

Большой интерес представляют предисловия к трудам в области экономики. Читателю можно посоветовать ознакомиться с двумя страницами, которыми Адам Смит предваряет свое «Исследование о причинах и природе богатства народов». Классическим является предисловие Карла Маркса «К критике политической экономии», где на пяти страницах дано непревзойденное по ясности и совершенное по форме краткое изложение сущности исторического материализма.

* * *

Методологическая ценность собранного выше материала очевидна. Более того, именно эта сторона в трудах классиков науки представляет для нас сегодня особый интерес. Содержание избранных сочинений давно уже стало достоянием не только науки, оно вошло в плоть и кровь нашей материальной и духовной культуры. Однако непреходящее значение имеют документальные свидетельства о мотивах и методах работы ученых минувших дней, и если составителю удалось достаточно убедительно иллюстрировать величественный путь, пройденный наукой за последние пятьсот лет, то он будет считать свою задачу выполненной.

БИБЛИОГРАФИЯ

Сочинения, представленные в сборнике, никоим образом не являются редкими. Более того, преобладающее большинство трудов вышло в виде отдельных изданий на русском языке и снабжено, как правило, обширными комментариями, а также биографиями авторов, написанными видными учеными. Особенно выделяются великолепно изданные Академией наук СССР книги серии «Классики науки», выходящей с 1947 г., и начатой еще до первой мировой войны серии «Классики естествознания». Большинству авторов посвящены также отдельные исследования и биографии. Не указывая всех использованных материалов, составитель хотел бы отметить большую роль, которую сыграли для него «Большая Советская Энциклопедия» (2-е издание было также принято за нормативное при транскрипции имен). Наконец, неоценимую помощь составителю оказали как фонды, так и справочный аппарат Библиотеки Академии наук в Ленинграде и Библиотеки им. В. И. Ленина в Москве. Без помощи этого величайшего книгохранилища мира, а с другой стороны, и его скромной сестры — библиотеки Института физических проблем АН СССР, работа составителя была бы вряд ли возможна.

При подборе материала по биологическим проблемам большую помощь оказали советы академиков В. А. Энгельгардта и П. К. Анохина. Составитель также благодарен академику Б. М. Кедрову за поддержку и внимание к работе и подробное обсуждение рукописи в Институте истории естествознания и техники АН СССР.

Большинство текстов сверены с оригинальными изданиями, и во многих случаях были внесены необходимые поправки и дополнения. Четвертая часть всех вступлений была переведена специально для этого издания. Составитель хотел бы отметить помощь Л. А. Вайнштейна, взявшего на себя также труд перевода с немецкого интереснейшего введения к «Astronomia Nova» Кеплера, и Ф. А. Петровского, сверившего этот перевод с латинским оригиналом; составитель благодарен М. Е. Сергиенко за перевод с латинского вступления к труду Галлера, И. Н. Веселовскому — за перевод Герике, В. Ф. Шухаевой — за помощь в переводах с французского, Е. В. Смоляницкой — за переводы с немецкого и содействие в организации работы над книгой, Н. Г. Элкониной, Ю. И. Матвееву, Ю. Г. Зайончику и Ф. С. Капица — за большую помощь в оформлении рукописи.

При отборе портретов составитель стремился использовать рисунки и гравюры, изображающие авторов в том возрасте, когда они писали приведенный нами труд. В подборе портретов составитель использовал знаменитую коллекцию гравюр Госу-

дарственного Эрмитажа в Ленинграде, гравюры Музея изобразительных искусств им А. С. Пушкина и собрания портретов ученых в Институте истории естествознания и техники в Москве, Института истории науки в Штутгардте, Немецкого Музея в Мюнхене, Кавендишской лаборатории в Кембридже и, наконец, собрание портретов ученых, находящееся у академика П. Л. Капица.

* * *

Учитывая всю сложность представленного издания как первой попытки такого подхода к прошлому науки, составитель был бы очень обязан за замечания и предложения читателей, которые следует направлять по адресу: Москва В-334, Воробьевское шоссе, 2, Институт физических проблем АН СССР.

I

Коперник Н. О вращениях небесных сфер. Малый комментарий. Послание против Вернера. Упсальская запись. Пер. с лат. И. Н. Веселовского под ред. А. А. Михайлова, «Классики науки». М., «Наука», 1964.

Везалий А. О строении человеческого тела, т. 1 и 2, пер. с лат. В. Н. Терновского и С. П. Шестакова. «Классики науки». М., «Наука», 1964.

Гильберт В. О магните. Пер. с лат. А. И. Доватура под ред. А. Г. Калашникова. «Классики науки». М., Изд-во АН СССР, 1956.

II

Галилей Г. Избранные труды. Под ред. А. Ю. Ишлинского, т. 1 и 2. М., «Наука», 1964.

Kepler J. Astronomia Nova. 1609, пер. с лат. на нем. M. Caspar, Leipzig, 1929. Пер. с нем. Л. А. Вайнштейна.

Гарвей В. Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных. Пер. под ред. К. М. Быкова, «Классики науки» М., Изд-во АН СССР, 1948.

Декарт Р. Геометрия, М.— Л., ГОНТИ, 1938. Начала философии, см. Избранные произвед. М.— Л., Госполитиздат, 1950.

Guericke O. Experimenta Nova (in Vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio. Amsterdam, 1672. Пер. с лат. И. Н. Веселовского.

Hooke R. Micrographia, London, 1665. Пер. С. П. Капица.

Гюйгенс Х. Три мемуара по механике. Пер. К. К. Баумгарта, «Классики науки». М., Изд-во АН СССР, 1951. Трактат о свете. Пер. Н. Фредерикс, «Классики естествознания». М.— Л., ОНТИ, 1935.

Ньютон И. Математические начала натуральной философии. (См. Собрание трудов акад. А. Н. Крылова, т. VII. М., Изд-во АН СССР, 1936). Оптика Пер. С. И. Вавилова, «Классики естествознания». М., Гостехиздат, 1954.

III

Эйлер Л. Основы динамики точки. Первые главы из «Механики» и из «Теории движения твердых тел». Пер. с лат. под ред. В. П. Егоршина, «Классики естествознания». М., ОНТИ, 1938. Введение в анализ бесконечно малых, т. I. Пер. с лат. под ред. С. Я. Лурье. «Классики естествознания». М.— Л., ОНТИ, 1936.

Бернулли Д. Гидродинамика. Пер. с лат., «Классики науки», М., Изд-во АН СССР, 1959.

Ломоносов М. В. Вольфианская экспериментальная физика. СПб., 1746; см. Полное собр. соч., М.— Л., Изд-во АН СССР, 1950.

Д'Аламбер. Динамика. Пер. с франц. «Классики естествознания». М., Изд-во АН СССР, 1950.

Лагранж. Аналитическая механика, т. I. Статика. Динамика. Пер. с франц. В. С. Гохмана, «Классики естествознания». 2 изд. М., 1950.

Гальвани А. Трактат о силах электричества при мышечном движении. Пер. с лат. «Классики биологии и медицины». М.— Л., Биомедгиз, 1937.

Монж Г. Начертательная геометрия. Пер. с франц. В. Ф. Газе, «Классики науки». М., Изд-во АН СССР, 1947.

Laplace P. Mecanique céleste, vol. I—V. Paris, 1798–1825. Пер. с франц. С. П. Капица. Theorie Analitique des probabilites, Paris. 1812. Пер. с франц. В. Ф. Шухаевой и С. П. Капица. Изложение системы мира. Пер. с франц. СПб., 1861.

IV

Френель О. Избр. труды по оптике. Пер. с франц. З. А. Цейтлина под ред. Г. С. Ландсберга. «Классики естествознания». М., Гостехиздат, 1955.

Fourier C. Theorie analytique de la Chaleur. Paris, 1822. Пер. с франц. В. Ф. Шухаевой и С. П. Капица.

Карно С. Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу. «Классики естествознания». М.— Пг., Госиздат, 1923.

Ампер А. Электродинамика. Ред. Я. Г. Дорфман, «Классики науки». М., Изд-во АН СССР, 1954.

Hamilton W. General method in Dynamics. Phil. Trans, 1834, p. 11, 247—308; см. Mathematical Papers, v. 1. Dublin, 1870. Пер. с англ. С. П. Капица.

Фарадей М. Экспериментальные исследования по электричеству, т. 1. Пер. с англ. под ред. Т. П. Кравца, «Классики науки», Изд-во АН СССР, 1947.

Гельмгольц Г. О сохранении силы. Пер. с нем. П. П. Лазарева, «Классики естествознания». М., ГТТИ, 1934.

Thomson W., Tait P. Treatise on Natural Philosophy, Cambridge, 1867. Пер. с англ. С. П. Капица.

Максвелл К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. Пер З. А. Цейтлина под ред. П. С. Кудрявцева, «Классики естествознания». М., ГИТТЛ, 1954.

Рэлей Дж. Теория звука, т. 1 и 2. Пер. с англ. П. Н. Успенского и С. А. Каменского под ред. С. М. Рытова. М.– Л., Гостехиздат, 1955.

Kirchoff G., Vorlesungen über Mathematischen Physik. Mechanik, Leipzig, 1883. Пер. с нем. С. П. Капица.

Больцман А. Лекции по теории газов. Пер. с нем. под ред. Б. И. Давыдова, «Классики естествознания». М., ГИТТЛ, 1956.

Герц Г. Принципы механики, изложенные в новой связи. Пер. с нем. В. Ф. Котова и А. В. Сулимо-Самуйло под ред. И. И. Артоболевского, «Классики науки». М., Изд-во АН СССР, 1959.

Lorentz H. A. Versuch einer Theorie der electrischen und optischen Erscheinungen in Bewegter Körper. Leiden, 1895. Пер. с нем. Л. А. Вайнштейна.

Гиббс Дж. Основные принципы статистической механики, излагаемые со специальным применением к рациональному обоснованию термодинамики. Пер. с англ. К. В. Никольского. «Классики естествознания». М.— Л., ГИТТЛ, 1946.

V

Лавуазье А. Л. Начальный учебник химии. Предварительное рассуждение. Пер. с франц. Т. В. Волковой, см. «Успехи химии», 13, № 5, 1943.

Dalton T. A New System of Chemical Philosophy. vol. I, II. Manchester, 1808—1810. Пер. с англ. С. П. Капица.

Berzelius J. J. Lehrbuch der Chemie, Dresden 1825. Пер. с нем. С. П. Капица.

Либих Ю. Химия в приложении к земледелию и физиологии. М.– Л., Сельхозгиз, 1936.

Менделеев Д. Основы химии. СПб., 1869. См. также «Периодический закон» под ред. Б. М. Кедрова, «Классики науки». М., Изд-во АН СССР, 1960.

Вант Гофф Дж. Очерки по химической динамике. Пер. с франц. под ред. Н. Н. Семенова. Л., ОНТИ, 1936.

Льюис Г., Рандалл М. Химическая термодинамика. Пер. с нем. под ред. С. И. Вольфковича. М.— Л., ОНТИ, 1936. Пер. с англ. предисловия С. П. Капица.

Lewis G. N. Valence and the structure of atoms and molecules. New York, 1924. Пер. С. П. Капица.

Hinshelwood C. The kinetics of chemical change in gaseous systems. Oxford, 1926; The structure of physical chemistry. Oxford, 1951. Пер. с англ. С. П. Капица.

VI

Linnaeus C. Species plantarum, 1755. Пер. С. П. Капица.

Гумбольдт А. География растений. Под общей ред. Н. И. Вавилова, «Классики естествознания». М.— Л., Сельхозгиз, 1936.

Ламарк Ж. Б. Философия зоологии. Пер. с франц. «Классики науки». М., 1960.

Кювье Ж. Рассуждения о переворотах на поверхности земного шара. Пер. с франц. Д. Е. Жуковского, под ред. А. А. Борисяка, «Классики естествознания». М., 1937.

Дарвин Ч. Происхождение видов. Пер. К. А. Тимирязева под ред. Н. И. Вавилова. М.— Л., Сельхозгиз, 1935.

Мендель Г. Опыты над растительными гибридами. «Классики науки». М., «Наука», 1965.

Weismann A. Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung, 1885. Пер. с нем. Е. В. Смоляницкой.

Vries Hugo de. Die Mutationstheorie. Versuche und Beobachtungen über die Entstehung von Arten in Pflanzenreich. Leipzig, 1901–1903. Пер. с нем. Е. В. Смоляницкой.

Морган Т. Г. Структурные основы наследственности. Пер. с англ. В. Н. Лебедева. М.. Госиздат, 1923.

Fisher R. A. The genetical theory of natural selection. Oxford, 1930. Пер. с англ. С. П. Капица.

Кольцов Н. К. Организация клетки. М.– Л., Биомедгиз, 1936.

VII

Haller A. Elementa physiologica corporis humani, Lausanne, 1757. Пер. с лат. М. Е. Сергиенко.

Müller J. Lehrbuch der Physiologie, 1840. Пер. с нем. С. П. Капица.

Шванн Т. Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений. «Классики естествознания». Пер. с нем. М., Изд-во АН СССР, 1939.

Вирхов Р. Лекции по целлюлярной патологии. Пер. с нем. М., 1866.

Сеченов И. М. Рефлексы головного мозга. СПб., 1863.

Бернар К. Введение к изучению опытной медицины. Пер. с франц. Н. Страхова. СПб., 1868.

Пастер Л. Избранные труды. Под ред. А. А. Имшенецкого. «Классики науки». М., Изд-во АН СССР, 1960.

Мечников И. И. Невосприимчивость в инфекционных болезнях. СПб., 1903. См. Академическое собр. соч. Гл. ред. Н. Н. Аничков, т II, VIII. М., Изд-во АМН СССР, 1953.

Павлов И. П. Двадцатилетний опыт изучения высшей нервной деятельности животных. Условные рефлексы. М.— Пг., Госиздат, 1923, см. Полн. собр. соч., т. III, 1951.

Шеррингтон Ч. С. Интегративная деятельность нервной системы. Пер. с англ. Л., 1969.

VIII

Кант И. Собрание сочинений в 6 томах, т. I. М., «Мысль», 1964.

Hutton J. см. Playfair, Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth, Edinborgh, 1802. Пер. с англ. С. П. Капица.

Докучаев В. В. Русский чернозем. СПб., 1883. См. соч., т. III. М.— Л., Изд-во АН СССР, 1949.

Вегенер А. Возникновение материков и океанов. Пер. с нем. под ред. Г. Ф. Мирчинка. М., 1929.

Циолковский К. Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами. Калуга, Изд. автора, 1926.

Вернадский В. И. Биосфера. Л., 1926. Очерки геохимии. М., 1927—1934. См. Избр. соч., в 6 т. под ред. А. П. Виноградова. М., Изд-во АН СССР, 1954—1960.

Hubble E. The Observational Approach to Cosmology, Oxford, 1927. Пер. с англ. С. П. Капица.

Пози Дж. и *Брейсуэлл Р.* Радиоастрономия. Пер. с англ. под. ред. И. С. Шкловского. М., ИЛ, 1958.

IX

Гаусс Е. Ф. Труды по теории чисел. Под ред. И. М. Виноградова. «Классики науки». М., Изд-во АН СССР, 1959.

Коши О. Алгебраический анализ. Пер. с франц. Ф. Эвальда, А. Григорьева и Н. Ильина. СПб., 1864.

Лобачевский Н. И. О началах геометрии. Казанский вестник, февраль — март 1829, см. Полн. собр. соч., под ред. В. Ф. Кагана, т. I. М.— Л., Гостехиздат, 1946.

Boole W. A Mathematical analysis of logic, London, 1847. Пер. с англ. С. П. Капица.

Пуанкаре А. О кривых, определяемых дифференциальными уравнениями. Пер. с франц. под ред. А. А. Андронова, «Классики естествознания». М., ГТТИ, 1947. Новые методы в небесной механике. Избранные труды, т. I под ред. Н. Н. Боголюбова, «Классики науки». М., «Наука», 1972.

Гильберт Д. Математические проблемы. Пер. с нем. под ред. П. С. Александрова. М., «Наука», 1969. Основания геометрии. М.— Л., Гостехиздат, 1948.

Russel B. The Principles of Mathematics. Cambridge, 1903. Пер. с англ. С. П. Капица, сверенный Н. Ф. Овчинниковым.

Weyl H. Gruppentheorie und Quantenmechanik, 1928. Пер. с нем. С. П. Капица.

Вейль Г. Классические группы, их инварианты и представления. М., ИЛ, 1947.

Вурбаки Н. Начала математики. Теория множеств, кн. 1. Основы структурного анализа. ч. I. Пер. с франц. под ред. В. А. Успенского. М., «Мир», 1965.

Нейман Д., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. Пер. с англ. под ред. Н. Н. Воробьева. М., Наука, 1970.

Нейман Д. Вычислительная машина и мозг. Пер. см. Кибернетический сборник, № 1, под ред. А. А. Ляпунова. М.— Л., ИЛ, 1960.

X

Склодовская-Кюри М. Исследование радиоактивных веществ. Пер. с франц. под ред. М. Я. Кульчицкого. М., 1904.

Thomson J. J. Conduction of Electricity through Gases, Cambridge, 1903. Пер. с англ. С. П. Капица.

Rutherford E. Radioactivity, Cambridge, 1904. Пер. с англ. С. П. Капица.

Планк М. Теория теплового излучения. Пер. с нем. М.— Л., ОНТИ, 1935.

Бор Н. Избранные научные труды, т. 1, под ред. И. Е. Тамма, В. А. Фока и Б. Г. Кузнецова, «Классики науки». М., «Наука», 1970. Атомная физика и человеческое познание. Пер. с англ. В. А. Фока и А. В. Лермантовой. М. ИЛ, 1961.

Перрен Ж. Атомы. Пер. с франц. М., 1924.

Эйнштейн А. Собрание научных трудов в 4 т., т. 1. Работы по теории относительности, «Классики науки». М., «Наука», 1965.

Брэгг У. Г. и *Брэгг У. Л.* Рентгеновские лучи и строение кристаллов. М.— Л., ГИЗ, 1929.

Зоммерфельд А. Строение атома и спектры. Пер. с нем. под ред. А. Ф. Иоффе и П. И. Лукирского. М.— Л., 1926.

Schrödinger E. Abhandlungen über Wellenmechanik. L., 1926. Пер. с нем. Л. А. Вайнштейна.

Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? Пер. с англ. М., ИЛ, 1947.

Мандельштам Л. И. См. А. А. Андронов, А. А. Витт, С. Э. Хайкин. Теория колебаний. 2 изд. М., Физматгиз, 1959.

Ландау Л. Д. Курс теоретической физики, т. 1. Механика (совместно с Л. Пятигорским). М., ГИТТЛ, 1940.

Ферми Э. Элементарные частицы. Пер. с англ. М., ИЛ, 1953.

Паули В. Теория относительности. Пер. с нем. изд. М., ИЛ, 1950. Предисловие к изд. 1955. Пер. с англ. С. П. Капица.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ[1]

Абель Н. (1802—1829) — норвежский математик *446*, 477
Августин (св.) Аврелий (354—430) — богослов и мыслитель 60, 401
Альбин Б. (1697—1770) — немецкий анатом 340, 342
Ампер А. (1775—1836) — французский физик и математик **166**, 167, 186, 453
Анаксагор из Клазомен (ок. 500—428 до н. э.) — древнегреческий философ 294
Андронов А. А. (1901—1952) — советский математик и физик *559*, 561
Анри В.— французский физик 512
Апеллес (2-я пол. IV в. до н. э.) — древнегреческий живописец 28
Аполлоний Пергамский (III в. до н. э.) — древнегреческий математик 45
Араго Д. (1786—1853) — французский физик и астроном *141*
Аристарх Самосский (III в. до н. э.) — древнегреческий философ 46
Аристотель (384—322 до н. э.) — древнегреческий философ 24, 32, *33*, 34, 51, 70, 71, 80, 116, 401
Аррениус С. (1859—1927) — шведский химик 214, *311*
Архимед (287—212 до н. э.) — древнегреческий математик, создатель статики и гидростатики *33*, 103, 151
Асклепиады (124—40 г. до н. э.) — члены семейств, имевших родоначальником Асклепия (бог врачей и медицины у древних греков) (латинизир.— Эскулап) 20, 26
Астон Ф. (1877—1945) — английский физик *514*

Бальмер И. (1825—1898) — швейцарский физик 553
Барроу И. (1630—1677) — английский математик и богослов *93*
Баугин К. (1560—1624) — швейцарский ботаник и систематик 275
Бауман Е. (1846—1896) — немецкий физиолог 310
Бейтсон В. (1861—1926) — английский генетик 316, 325
Беккерель А. (1852—1908) — французский физик *509*, *510*, 512
Бельтрами Э. (1835—1900) — итальянский математик 207
Бергман Т. (1735—1784) — шведский химик 227, 231
Беркли Дж. (1684—1753) — английский епископ, философ 402
Бернар К. (1813—1876) — французский физиолог *357*, **362**
Бернулли Д. (1700—1782) — швейцарский математик и механик, работал в Петербургской Академии наук *101*, *112*, *115*, 139
Бернулли И. (1667—1748) — швейцарский математик *101*, *112*, 342, 469, 470
Бертло П. (1827—1907) — французский химик 258, 259, 262
Бертолле К. (1748—1882) — французский химик 228, 229, 231
Берцелиус И. (1779—1848) — шведский химик **237**, *243*
Бете Г. (род. 1906 г.) — американский физик 569
Бехтерев В. М. (1857—1927) — русский невропатолог, психиатр и физиолог 388
Био Ж. (1774—1862) — французский химик и физик 144, 169, 281, *366*, *580*

[1] Жирным шрифтом выделены страницы, где приведены биографии ученых, вступления к трудам которых помещены в книге. Курсивом выделены страницы, где фамилию упоминает составитель.

Богданов М. Н. (1841—1888) — русский зоолог и путешественник, профессор Петербургского университета 420
Бозе С. Н. (р. 1894) — индийский физик *540*, 569
Бойль Р. (1627—1691) — английский физик и химик *84*, 116
Бойяи Я. (1802—1860) — венгерский математик 476
Больцано Б. (1781—1848) — чешский математик 476
Больцман Л. (1844—1906) — австрийский физик **201**, 219, 221, 533
Бонплан А. (1773—1858) — немецкий ботаник *278*, 281
Бор Н. (1885—1962) — датский физик **525**, 547, *564*, *571*
Бордэ Ж. (1870—1961) — французский иммунолог 375, 376
Бореллий Д. (1608—1679) — итальянский врач и физиолог 338
Борель Э. (1871—1956) — французский математик 538
Борн М. (1882—1969) — немецкий физик *540*, 553, *567*
Боскович Р. (1711—1787) — сербский физик и философ 172, 437
Браге Т. (1546—1601) — датский астроном *43*, 46, 47, 48, 49, 50, 60, 61, 504
Брадлей Дж. (1693—1762) — английский астроном 137, 411
Брейн Р. (1895—1966) — английский естествоиспытатель 400
Броуэр Л. Э. Я. (1881—1966) — голландский математик *484*, 486
Брэгг У. Г. (1862—1942) — английский физик **543**
Брэгг У. Л. (1890—1972) — английский физик *190*, *544*
Буль Дж. (1815—1864)— английский математик **457**
Бунзен Р. (1811—1899) — немецкий химик *199*, *250*, 259
Бурбаки Н. коллективное имя, под которым работает группа французских математиков **489**
Буркав (Бургаве) Г. (1668—1738) — голландский врач, химик и ботаник *272*, *333*, 340, 341, *580*
Бутлеров А. М. (1828—1886) — русский химик *243*, *250*
Бэкон Ф. (1561—1626) — английский мыслитель и государственный деятель *29*, *30*, *67*, 232, 298, 334
Бэр К. (1792—1876) — русский эмбриолог *373*, 386
Вааге П. (1833—1900) — норвежский физик, химик 258, 259
Валентин Г. (1810—1883) — швейцарский биолог 348
Вандермонд Ш. (1735—1796) — французский математик 229
Ван-дер-Поль — голландский физик и математик 561
Вант-Гофф Я. (1852—1911) — голландский химик **254**, 270, *311*, *366*
Вариньон П. (1654—1722) — французский математик и механик 103
Вебер В. (1804—1891) — немецкий физик 194, 203, 204, 216, *446*
Вегенер А. (1880—1930) — немецкий геофизик и метеоролог **423**
Везалий А. (1514—1564) — итальянский анатом **17**, *67*
Вейерштрасс К. (1815—1897) — немецкий математик *151*, 470, 472, *580*
Вейль Г. (1885—1955) — немецкий математик *468*, **484**, *485*, *498*
Вейсман А.—немецкий биолог (1839—1914) **304**
Велдон В. (1832—1885) — английский химик 316
Велер Ф. (1800—1882) — немецкий химик *238*, *244*
Вернадский В. И. (1863—1945) — советский геохимик и минералог **432**
Вивиани В. (1622—1703) — итальянский математик и физик, ученик Галилея *35*, 469
Видеман Е. (1852—1928) — немецкий физик 194
Видерсгейм Р. — немецкий анатом 310
Визнер Ю. (1838—1916) — австрийский ботаник 308
Вильсон Ч. (1869—1959) — английский физик *514*, 515
Вин В. (1864—1928)—немецкий физик 522
Вирхов Р. (1821—1902) — немецкий биолог *344*, **352**, *353*, *363*, *391*
Вихура М. (1817—1866) — немецкий ботаник 303
Вольта А. (1745—1827)— итальянский физик *127*
Вольф Х. (1679—1754) — немецкий философ и физик 103, *114*, *115*, 117

Гален К. (129—199 [?] н. э.) — римский анатом и физиолог *17*, 19, 23, 24, 26, 27, 32, 354
Галилей Г. (1564—1642) — итальянский астроном, механик, физик *30*, **33**, 39, 40

41, *43*, *63*, 80, 89, 90, 103, 116, 124, 125,136, 137, 151, 172, 531, 532
Галлей Э. (1656—1742) — английский астроном 95, *122*, 412
Галлер А. (1708—1777) — швейцарский биолог, анатом, поэт 276, **333**, *334*, *581*
Галуа Э. (1811—1832) — французский математик 471, *580*
Гальвани Л. (1737—1798) — итальянский физиолог **126**, *127*
Гамильтон У. (1805—1865) — ирландский математик и механик **171**, *172* 187, 207, *446*, 458, 552
Гарвей В. (1578—1657) — английский врач и физиолог **63**, 65, *67*, 328, 335
Гаусс К. (1777—1855) — немецкий математик 192, 194, 216, *279*, **445**, *446*, *451*, *454*, *455*, *467*, 476, 542
Гедель К. (р. 1906) — австрийский логик и математик *468*, *490*, 496
Гейзенберг В. (род. 1901) — немецкий физик 486, 552, 553, 555
Гей-Люссак Ж. (1778—1850) — французский физик 180, *243*, 244
Гельмгольц Г. (1821—1894) — немецкий физик, математик, физиолог *161*, *176*, 179, *180*, *185*, *205*, 207, 215, *217*, *344*, *352*, *357*, 475, *521*, 549
Генле Ф. (1809—1885) — немецкий анатом и гистолог *347*, 349, 351
Гераклит Эфесский(ок.530—470г. до н. э.)— древнегреческий философ-материалист 13
Герике О. (1602—1686) — немецкий физик 78, *79*, *84*, 116
Герофил (род. ок. 300 до н. э.) — древнегреческий врач 23
Гертнер К. (1772—1850) — немецкий ботаник 303
Герц Г. (1857—1894) — немецкий физик *176*, *180*, *199*, 204, **205**, *206*, 443, 547, 548, 549
Гершель В. (1738—1822) — английский астроном и оптик 137
Гершель Дж. (1792—1871) — английский астроном и физик 197
Гёте И. (1749—1832) — немецкий поэт 305, 549
Геттон Дж. (1726—1797)—английский натуралист-геолог *297*, **416**, *417*, 418, 437, *582*
Гиббс В. (1839—1903) — американский физик 217, *218*
Гилберт В. (Гильберт) (1540—1603)— английский физик и физиолог **29**, *30*
Гильберт Д. (1862—1943) — немецкий математик **467**, *468*, *484*, *485*, *489*
Гиппарх (II в. до н. э.) — древнегреческий астроном 11, 116, 136
Гиппократ (ок. 460—377 до н. э.) — древнегреческий врач 19, 21, 23, 32
Гир Ф., де ла (1640—1718) французский астроном и математик 90, 116
Гледич И. (1715—1786) — немецкий ботаник 275, 276
Гмелин И. (1709—1755) — немецкий натуралист 275
Гоббс Т. (1588—1679) — английский философ *67*
Гомер (между XII и VIII вв. до н. э.) — легендарный древнегреческий поэт 20
Грин Дж. (1793—1841) — английский математик 187, 193
Гук Р. (1635—1703) — английский естествоиспытатель **84**, 86, *93*, 142, 186
Гукер Дж. (1817—1911)— английский ботаник, систематик растений 299
Гульдберг К. (1836—1902) — норвежский физик и химик 258, 259
Гумбольдт А. (1769—1859) — немецкий естествоиспытатель и путешественник 158, *179*, *243*, 244, **278**, *279*
Гюггенс В. (1824—1910) — английский астрофизик 438
Гюйгенс X. (1629—1695) — голландский механик, физик и математик *85*, **87**, 116, 125, 136, 140, 142, 412, 438

Д'Аламбер Ж. (1717—1783) — французский математик и философ **118**, *119*, *132*, *133*, 216
Дальтон Дж. (1766—1844) — английский физик **233**, *234*, *237*, 533
Дарбу Г. (1843—1917) — французский математик 208
Дарвин Ч. (1809—1882) — английский естествоиспытатель **296**, 305, 306, 307, 309, *311*, 315, 316, 323, 325, *353*, 382, *582*
Дарвин Дж. (1845—1912)—английский астроном и математик, сын Ч. Дарвина *297*, 428
Дебьерн А. (1874—1949) — французский физик *510*
Деви Г. (1778—1829) — английский физик и химик *175*, *234*, *238*
Дедекинд Р. (1831—1916) — немецкий математик 470
Декандоль А. (1806—1893) — швейцарский ботаник 281
Декарт Р. (1596—1649) (латинизированное Картезий) — французский философ, физик, математик, физиолог **66**, *67*, 116, 137, 142, 156, 169, 393, 409, 455, 556

Демидов П. Г. (1738—1821) — русский ботаник и минералог 275
Демокрит (460—370 до н. э.) — древнегреческий философ 408
Демосфен — древнегреческий философ 80
Джоуль Д. (1818—1889) — английский физик *161*, *180*, *185*, 186, 532
Диодор Сицилийский (ок. 80—29 г. до н.э.)— древнегреческий историк 54
Диофант (вероятно III в. до н. э.) — греческий математик из Александрии 447
Дирак П. (род. в 1902 г.) — английский физик 486, *550*, 568, 569, 570
Докучаев В. В. (1846—1903) — русский естествоиспытатель, основатель современного научного почвоведения **419**, *420*, *432*
Дюбуа-Реймон Э. (1818—1896) — немецкий физиолог *344*, *357*
Дюкло П. (1840—1904) — французский химик и микробиолог 372, 374
Дюлонг П. (1785—1838) — французский физик и химик 244
Дюма Ш. (1800—1884) — французский химик *238*, *243*, 245, *366*, 368, 369
Дюмортье Б. (1797—1878) — французский ботаник 349

Жолио-Кюри Ф. (1900—1958) — французский физик *510*, *567*
Жоффруа Сент-Илер И. (1772—1844)—французский зоолог *292*, *293*, *460*
Жоффруа Э. (1672—1731) — французский химик 227
Жюсье А. (1748—1836) — французский ботаник 275

Зееман П. (1856—1943) — немецкий физик *211*, *212*, 552, 554, 555, *571*
Земятченский П. А. (1856—1942) — советский геолог и почвовед, ученик и сотрудник В. В. Докучаева 422
Зоммерфельд А. (1868—1951) — немецкий физик-теоретик *484*, 546, *571*, 572

Икскюль Я. (1864—1944) — немецкий физиолог 386
Ингенгус Я. (1730—1799) — голландский врач и естествоиспытатель 245
Иогансен В. (1857—1927) — датский биолог 316

Кант И. (1724—1804) — немецкий философ *133*, **403**, *404*, *582*
Кантор Г. (1845—1918) — немецкий математик *151*, 476, 482, *489*, *580*
Карно С. (1796—1832) — французский физик и инженер *151*, **160**, *161*, 531, 532
Картан Э. (1869—1951) — французский математик 486, *489*
Кассини Д. (1625—1712) — французский астроном 90
Каяндер Н. Н. (1851—1896) — русский химик 259
Келлер Г. (1819—1890) — немецкий поэт 488
Кельвин лорд (В. Томсон) (1824—1907) — английский физик *151*, *161*, 184, *185*, 193, *196*, 208, 512
Кёльрейтер Й. (1733—1806) — немецкий ботаник 303
Кеплер И. (1571—1630) — немецкий астроном *34*, **43**, *44*, *93*, 116, 137, 142, 151, 168, 169, 294, 504, 552
Кирван Р. (1735—1812) — ирландский химик 227
Кирхгоф Г. (1824—1887) — немецкий физик **199**, *217*, *250*, *521*, 522
Клаузиус Р. (1822—1888) — немецкий физик-теоретик *151*, *161*, 202, 216, 219
Клейн Ф. (1849—1925) — немецкий математик *467*, 470, *484*, 487, *546*
Клиффорд В. (1845—1879) — английский математик *455*
Кольцов Н. К. (1872—1940) — русский биолог *323*, **327**, *328*
Комптон А. (1892—1962) — американский физик 554
Кондильяк Э. (1715—1780) — французский философ 224, 229, 232
Коперник Н. (1473—1543) — польский астроном 9, *30*, *34*, 46 — 56, 60, *67*, *79*, 136, 294, *455*, *577*, *583*
Кориолис Г. (1792—1843) — французский математик и механик 453
Корренс К. (1864—1931) — английский биолог *302*, *312*, 324
Кох Р. (1843—1910) — немецкий микробиолог 380, *391*
Коши О. (1789—1857) — французский математик *446*, **450**, *451*, 474, 476
Крашенинников С. П. (1711—1755) — русский географ, исследователь Камчатки *115*, 275
Кристоффель Э. (1829—1900) — немецкий математик 542
Кронекер Л. (1823—1891) — немецкий математик 470
Кулон Ш. (1736—1806) — французский физик 169, 216
Куммер Э. (1810—1893) — немецкий математик 470, 474

Кювье Ж. (1739—1832) — французский сравнительный анатом, зоолог, палеонтолог **292**, *293*, *297*, *582*
Кюри П. (1859—1906) — французский физик и химик *509*, *510*, 511

Лавуазье А. (1743—1794) — французский химик *123*, **223**, *224*, *581*
Лагранж Ж. (1736—1813) — французский математик и механик **122**, *123*, *133*, 172, 173, 187, 210, 216, *224*, *445*, 447, 463
Лайель Ч. (1797—1875) — английский естествоиспытатель *297*, 299, *417*, 579
Лактанций Ф. (ок. 300 г. н. э.) — 14, 60
Ламарк Ж. (1744—1829) — французский естествоиспытатель 282, *283*, *293*, *297*, *582*
Ландау Л. Д. (1908—1968) — советский физик **564**, *565*
Лаплас П. (1749—1827) — французский астроном, математик и физик **132**, *133*, *150*, 174, 187, 193, 231, 281, *404*, 451, 463
Лауэ М. (р. 1879) — немецкий физик 544, 549
Леб Ж. (1859—1924) — немецкий биолог, с 1891 г. переехал в США 386
Лебег А (1875—1941) — французский математик *580*
Леверрье Ж. (1811—1877) — французский астроном 463
Леви-Чивита Т. (1873—1942) — итальянский математик и механик 542
Левкипп (500—440 г. до н. э.) — древнегреческий философ-материалист 408
Лежандр А. (1752—1833) — французский математик 447, 448
Лейбниц Г. (1646—1716) — немецкий математик и философ *88*, 90, *93*, 100, *102*, 116, *579*, *583*
Ленард Ф. (1862—1947) — немецкий физик 519, 548
Лефлер Ф. (1852—1915) — немецкий микробиолог 380
Либих Ю. (1803—1873) — немецкий химик 243
Ли С. (1842—1899) — норвежский математик 492
Лизипп (2-я пол. IV в. до н. э.) — древнегреческий скульптор 28
Линдеманн Ф. (1852—1939) — немецкий математик 477
Линней К. (1707—1778) — шведский естествоиспытатель и систематик **273**, *297*, *313*, *333*, *581*
Липшиц Р. (1832—1903) — немецкий математик 207
Лобачевский Н. И. (1792—1856) — русский математик **454**, *455*, 476
Лодж О. (1851—1940) — английский физик 443
Локк Дж. (1632—1704) — английский философ 116
Ломоносов М. В. (1711—1765) — русский естествоиспытатель, поэт и мыслитель **114**, *115*
Лоренц Г. (1853—1928) — голландский физик 194, **211**, *212*, *218*, 554
Лукреций К. (99—55 до н. э.) — древнеримский философ 408
Льюис Г. (1805—1946) — американский химик **263**
Людвиг К. (1816—1895) — немецкий физиолог 316
Ляпунов А. М. (1857—1918) — русский математик *133*, 561, 562

Магнус Г. (1902—1870) — немецкий физик и химик *179*
Майер Р. (1814—1878) — немецкий врач и физик *161*, *180*, 202
Майкельсон А. (1852—1931) — американский физик 212, 213
Макер (Маке) П. (1718—1784) — французский химик 230
Маклорен К. (1698—1746) — шотландский математик 452
Максвелл Дж. (1831—1879) — английский физик 113, *176*, **189**, *196*, 203, 204, *205*, 214, 215, 216, 219, 540, 541, 547, 548, 568, 573
Мальпиги М. (1628—1694) — итальянский биолог и анатом 116
Мальтус Т. (1766—1834) — английский священник и экономист *297*, 300
Мандельштам Л. И. (1879—1944) — советский физик **558**
Мариотт Э. (1620—1684) — французский физик 180
Маскерони Л. (1750—1800) — итальянский геометр 475
Массар Ж. (1865—1925) — французский ботаник 376
Мах Э. (1838—1916) — австрийский физик и философ *199*, *202*, 208, 549
Махаон — врач у греков, персонаж «Иллиады» 20
Меккель И. (1781—1833) — немецкий сравнительный анатом 336, 340
Менделеев Д. И. (1834—1907) — русский химик *179*, **249**, *250*, *358*, *432*

Мендель Г. (1822—1884) — австрийский ботаник **302**, *312*, 319, 320, 324, 325
Меншуткин Н. А. (1842—1907) — русский химик *250*, 256, 259, 271
Мерсенн М. (1588—1648) — французский физик и математик 66, *67*, 469, *580*
Мечников И. И. (1845—1916) — русский биолог **373**, *374*
Милликен Р. (1868—1953) — американский физик 523
Минковский Г. (1864—1909) — немецкий математик *467*, 474, *539*, 542
Монж Г. (1746—1818) — французский математик **128**, *129*, *133*, 229, 231, *450*
Мопертюи П. (1698—1759) — французский физик, астроном и геодезист 412
Морво Л. (1737—1816) — французский химик и юрист 227, 228, 231
Морган Т. (1866—1945) — американский биолог **318**
Моргани Д. (1682—1771) — итальянский анатом 338
Морисон Р. (1620—1683) — английский ботаник 275
Морли Э. В. (1838—1923) — американский физик 213
Муавр А. (1667—1754)—французский математик 140
Мушенбрук П. (1692—1761) — голландский физик 342, *580*
Мюллер И. (1801—1858) — немецкий сравнительный анатом и физиолог *179*, **344**, *346*, *347*, 349, 351, *352*

Нейман Дж. (1903—1957) — венгерский математик *485*, **498**
Нейман К. (1832—1925) — немецкий физик 194
Непер Дж. (1550—1617)—шотландский математик 137
Нернст Р. (1864—1941) — немецкий физик *263*, 523
Никет Сиракузский (Гикет) (VI в.) — греческий ученый, ученик Аристотеля 13
Ньюкомен Т. (1663—1729) — английский изобретатель 163
Ньютон И. (1643—1727) — английский физик, механик, астроном и математик *67*, *85*, *88*, 90, **92**, *93*, *102*, 103, 104, 105, 110, 116, 125, 134, 137, 142, 144, 145, 151, 167, 168, 170, 185, 187, 294, *297*, 360, 410, 411, 414, 438, *445*, 455, *461*, 463, 466, 504, 506, 573, *583*

Оствальд В. (1853—1932) — немецкий физико-химик *202*, 259, *263*, *530*, 532, 549
Павлов И. П. (1849—1936) — русский физиолог **384**, *385*
Паппус (III в. н. э.) — александрийский математик 94
Парацельс Ф. (1493—1541) — немецкий врач и естествоиспытатель 354
Паскаль Б. (1623—1662) — французский математик, физик и мыслитель 140, 469, 538, *580*
Пастер Л. (1822—1895) — французский ученый, основоположник микробиологии *254*, *347*, 366, *374*
Паули В. (1900—1958) — швейцарский физик *567*, 569, **571**, *572*
Пашен Ф. (1865—1947) — немецкий физик 555
Пеано Д. (1858—1932) — итальянский математик 480, 482, 495
Пельтье Б. (1761—1797) — французский химик 230
Перрен Ж. (1870—1942) — французский физик 523, **530**
Петрушевский Ф. (1828—1904) — русский физик 251
Пикеринг У. (1858—1938) — американский астроном 428
Пифагор (ок. 580—500 до н. э.) — древнегреческий математик и философ 116, 452
Планк М. (1858—1947) — немецкий физик **521**, 527, *540*, 547, *550*, 552
Платон (428/427—347 до н. э.) — древнегреческий философ 15, 21, 70, 116
Плутарх (ок. 46—126) — древнегреческий писатель 13, 16
Пози Дж. (1908—1960) — австралийский радиоастроном **442**
Поуп В. (1870—1939) — английский химик 545
Птолемей К. (II в.) — древнегреческий астроном 16, 32, *34*, 42, 46, 47, 48, 49, 50, 116, 136
Пуанкаре А. (1854—1912) — французский математик **460**, *461*, 470, 512, *513*, 561, 562
Пуассон С. (1781—1840) — французский физик 193, 451, 453

Рамон-и-Кахаль С. (1852—1934) — испанский неврогистолог 402
Рассел Б. (1872—1970) — английский математик, философ, мыслитель и общественный деятель **478**, *479*

Резерфорд Э. (1871—1937) — английский физик, *190*, 512, *514*, **516**, 523, *525*, 526, 527, *544*
Рей Д. (1627/1628—1705) — английский естествоиспытатель 275
Ремер О. (1644—1710)—датский астроном 90
Рентген В. К. (1845—1923) — немецкий физик *185*, *255*, 512, 515, *516*, 519, *578*
Ретик (Рэтик) Г. (1514—1574) — польский астроном *10*
Рив У., де ла (1815—1889)—английский физик 194
Риман Г. (1826—1866) — немецкий математик *151*, 194, *467*, 542, *580*
Роско Г. (1833—1915) — английский химик 259
Ру П. (1853—1933) — французский бактериолог *367*, 374, 376
Рудольфи К. (1771—1832) — немецкий физиолог *344*
Рэлей Дж. (1842—1919) — английский физик *190*, **196**, *197*, *513*

Савери Т. (1650—1715) — английский изобретатель 163
Сваммердам Я. (1637—1680) — голландский натуралист 340
Сеченов И. М. (1829—1905) — русский физиолог **357**, *373*, 386, **387**, *432*
Склодовская-Кюри М. (1867—1934) — польский физик **509**
Смолуховский М. (1872—1917) — польский физик 512, *530*
Снеллиус В. (1580—1626) — голландский математик и астроном *67*
Сократ (469—399 до н. э.) — древнегреческий философ 70, 116
Спенсер Г. (1820—1903) — английский психолог и социолог 309
Спиноза Б. (1632—1677) — голландский философ 555
Стокс Дж. (1819—1903) — английский физик 212, 213
Стоней Дж. (1826—1911)—английский физик 549

Тенар Л. (1777—1857) — французский химик 244
Толмен Р. (1881—1948) — американский физик 441
Томонага С. (р. 1906)—японский физик 569
Томсен X. (1826—1909) — датский физик 258, 259
Томсон В. см. Кельвин
Томсон Дж. (1856—1940)—английский физик *190*, 207, **513**, *514*, *516*, 518, 519, *525*, 526, 527
Торндайк Э. (1874—1949) — американский психолог 387, 389
Торричелли Э. (1608—1647)—итальянский физик и математик *35*
Тревитик Р. (1771—1833) — английский изобретатель 163
Турнефор Ж. (1656—1708) — французский ботаник 275
Тэер А. (1752—1828) — немецкий агроном 246
Тэйт П. Г. (1831—1901) шотландский физик 94, *185*, 186, 193, 208
Тюрпэн П. (1775—1840) — французский ботаник 349

Уайтхед А. (1861—1947) — английский математик *478*, 480, 482
Уатт Дж. (1736—1819) — английский изобретатель 163
Уоллес А. (1823—1913) — английский натуралист *297*, 298, 299, 316, 323
Уотсон Дж. Б. (1878—1958)—американский психолог 387

Фабрициус И. (1533—1619) — итальянский биолог *63*
Фарадей М. (1791—1867) — английский физик **175**, *176*, 192, 193, 195, 547, 549, 573
Фейнман Р. (р. 1918) — американский физик 569
Феофраст (370—285 до н. э.) — древнегреческий философ и естествоиспытатель 32
Ферма П. (1601—1665) — французский математик 140, 447, 469, 470
Ферми Э. (1901—1954) — итальянский физик **567**, *568*
Физо А. (1819—1896) — французский физик 213
Филолай (V в. до н. э.) — древнегреческий философ 13
Фишер Р. (1890—1962) — английский биолог, математик и статистик **322**
Флемстид Дж. (1646—1719)— английский астроном *93*, 412
Фок В. А. (р. 1898) — советский физик 554
Форстер Г. (1754—1794) — немецкий писатель и ученый *278*, 280
Франклин Б. (1706—1790) — американский физик 177
Фреге Г. (1848—1925) — немецкий математик 480, 482

Френель О. (1788—1827) — французский физик **141**, 212, 213, 214
Фридман А. А. (1888—1925) — советский физик и математик *440*
Фриз Г., де (1848—1935) — голландский ботаник *302*, 308, **311**, *312*, 324
Фуркруа А. (1755—1808) — французский химик 228, 231
Фурье Ж. (1768—1830) — французский математик **150**, *151*, *185*, 187, 471, 560

Хаббл Э. (1883—1953) — американский астроном **439**, *440*
Хилл Р. (р. 1890) — английский математик 464
Хиншелвуд С. (1897—1967) — английский химик **269**
Ходнев А. И. (1818—1883) — русский химик 420

Циглер Э. (1849—1905) — немецкий патолог 310
Циолковский К. Э. (1857—1935) русский ученый-изобретатель **429**
Цицерон М. (106—43 до н. э.) — римский оратор, писатель и политический деятель 13

Чебышев П. Л. (1821—1896) — русский математик *580*
Чезальпино А. (1519—1603) — итальянский врач, ботаник и философ 275
Чермак Г. (1836—1927) — австрийский биолог *302*, 312, 324
Чирнгаузен Э. (1651—1708) — голландский математик, физик и философ 116

Шванн Т. (1810—1882) — немецкий биолог, гистолог и физиолог 332, *344*, **346**, *347*
Шварцшильд К. (1873—1916) — немецкий астроном 428
Шееле К. (1742—1786) — шведский химик *224*, 227, *237*
Шеррингтон Ч. (1857—1952) — английский физиолог **391**, *392*
Шлейден М. (1804—1881) — немецкий ботаник 349, 350
Шредингер Э. (1887—1961) — австрийский физик 486, *521*, **550**, *551*, *582*
Штарк И. (1874—1957) — немецкий физик 552, 553
Штурм Ж. (1803—1855) — французский математик 462
Штурм И. (1635—1703) — немецкий астроном и математик 116
Шур И. (1875—1941) — немецкий математик 486

Эвклид (III в. до н. э.) — древнегреческий математик 33, *171*, **447**, *455*, 456, 490
Эддингтон А. (1882—1944) — английский астроном 324
Эйлер Л. (1707—1783) — швейцарский математик, механик и физик **101**, *102*, *112*, *115*, *118*, *122*, 142, *445*, *446*, 447, 475
Эйнштейн А. (1879—1955) — немецкий физик *44*, 211, *212*, *440*, *479*, *485*, *498*, *530*, **539**, *540*, *550*, 569, 572, 573
Эпикур (341—270 до н. э.) — древнегреческий философ 70, 405, 408
Эрмит Ш. (1822—1901) — французский математик 477
Эрстед Г. (1777—1851) — датский физик *167*, 169, *578*

Юкава Х. (р. 1907) — японский физик 570
Юнг Т. (1773—1829) — английский естествоиспытатель *118*, *580*

Якоби К. (1804—1851) — немецкий математик 219, 221, *446*, 470
Якоби М. (1801—1874) — русский физик, 178

Жизнь Науки. Антология вступлений к классике естествознания. М., «Наука», 1973 г. Собрание предисловий и введений к основополагающим трудам раскрывает путь развития науки от Коперника и Везалия до наших дней. Каждому из 95 вступлений предпослана краткая биография и портрет. Отобранные историей, больше чем волей составителя, вступления дают уникальную и вдохновляющую картину возникновения и развития научного метода, созданного его творцами. Предисловие обычно пишется после окончания работы, того труда, благодаря которому впоследствии имя автора приобрело бессмертие. Автор пишет для широкого круга читателей, будучи в то же время ограничен общими требованиями формы и объема. Это приводит к удивительной однородности всего материала как документов истории науки, раскрывающих мотивы и метод работы великих ученых. Многие из вступлений, ясно и кратко написанные, следует рассматривать как высшие образцы научной прозы, объединяющие области образно-художественного и точного мышления. Содержание сборника дает новый подход к сравнительному анализу истории знаний. Научый работник, студент, учитель найдут в этом сборнике интересный и поучительный материал, занимательный и в то же время доступный самому широкому кругу читателей.

The Life of Science. An Anthology of Introductions to Classics in Science. M., «Nauka», 1973. The development of science from Copernicus and Vesalius to our day is portrayed by a collection of forewords and prefaces to masterworks in science. A short biographical note and portrait preceeds each of the 95 entries. Selected by history rather than by the preference of the compiler, this anthology gives a unique and inspiring image of the emergence and method of modern science. The foreword was written as the author completed perhaps the greatest work of his life. Writing for a broad spectrum of readers he had to comply with common demands of style and volume. This leads to a remarkable uniformity in the presentation of these authorative statements on the motives and method of work of great scientists. Thus a new avenue of approach for comparative studies in the history of science is opened. Many of these introductions, complete and concise, should be considered as the best pieces of scientific writing ever produced, bridging the domains of the two cultures. This collection provides the scientist, teacher and student with most instructive and imaginative reading, fascinating and intelligible to the general reader.

ЖИЗНЬ НАУКИ
Антология вступлений
к классике естествознания

Утверждено к печати
Институтом истории естествознания
и техники Академии наук СССР
и редакционной коллегией
серии «Классики науки»

Редактор С. И. Ларин
Редакторы издательства
Л. Н. Кузьминова, Н. А. Потехина
Художник И. В. Бронников
Художественный редактор
Т. Л. Поленова.
Технический редактор Р. М. Денисова

Сдано в набор 10/X 1972 г.
Подп. к печати. 27/VII 1973 г.
Формат 70×90¹/₁₆. Бумага № 1.
Усл. печ. л. 43,87. Уч.-изд. л. 41,3
Тираж 16 000 экз. Т-11360
Тип. зак. 1262. Цена 3 р. 50 к.

Издательство «Наука», 103717 ГСП
Москва, К-62, Подсосенский пер., 21
2-я типография издательства «Наука».
121099. Москва, Г-99, Шубинский
пер., 10

ЖИЗНЬ НАУКИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

ЖИЗНЬ



НАУКИ

3 р. 50 к.

